



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**“Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro
en la planta chancadora del área San Nicolás -
Marcona”**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión Integrada
de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

AUTOR

Carlos YABAR BAÑOS

ASESOR

Dr. Oscar Rafael TINOCO GÓMEZ

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Yabar, C. (2020). *Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro en la planta chancadora del área San Nicolás - Marcona*. Tesis para optar el grado de Magíster en Gestión Integrada de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor (dato opcional):

- Carlos Yabar Baños (ORCID: 0000-0003-0854-6852)

Código ORCID del asesor o asesores (dato obligatorio):

- Dr. Vidal Aramburú Rojas (ORCID: 0000-0001-7411-3866)
- Dr. Oscar Tinoco Gómez (ORCID: 0000 0002 7927 931x)

DNI del autor:

- 44951147

Grupo de investigación: --

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: --

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación:

Complejo Metalúrgico de San Nicolás de la empresa minera Shougang Hierro Perú S.A.A, ubicada en el distrito de San Juan de Marcona, provincia de Nazca, departamento de Ica
Coordenadas: 15°21'42.05" S, 75°9'59.84" W
En decimal: -15.36168°, -75.166622°
UTM: 8301663 482117 18L

Año o rango de años que que la investigación abarcó:

2016 - 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los veinticinco días del mes de febrero del 2020, siendo las 15:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 032/UPG-FIGMMG/2020 del 29 de enero del 2020, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«SISTEMA DE MITIGACIÓN DE POLVO DE MINERAL DE HIERRO EN LA PLANTA CHANCADORA DEL ÁREA SAN NICOLÁS - MARCONA»

Que, presenta el Bach. **CARLOS YABAR BAÑOS**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN INTEGRADA EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis analiza el expediente N° 04324/FIGMMG/2014 del 23 de junio del 2014, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación y la calificación de la Tesis se realizará de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

Muy Bueno (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN INTEGRADA EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE** al Bach. **CARLOS YABAR BAÑOS**.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico.


DR. VIDAL SIXTO ARAMBURÚ ROJAS
Presidente


MG. DANIEL FLORENCIO LOVERA DÁVILA
Secretario


MG. ALEX SEGUNDINO ARMAS BLANCAS
Miembro


DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ
Asesor

DEDICATORIA:

A MI FAMILIA

Con un inmenso amor para los seres que más amo en este mundo: mi esposa y mis hijos porque ellos son el motor para seguir adelante y poder culminar exitosamente esta etapa de mi vida, que me permite obtener mi grado académico de magister.

AGRADECIMIENTO:

A DIOS OMNIPOTENTE

Gracias por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de su fuerza, para vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

CARÁTULA

DEDICATORIA:	2
AGRADECIMIENTO:	2
TABLA DE CONTENIDO	3
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	9
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2.1. PROBLEMA GENERAL:	10
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:	11
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	12
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
II. MARCO TEORICO	12
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	12
2.1 BASES TEÓRICAS	17
2.1.1 DEFINICIÓN DE POLVO	17
2.1.2 PRODUCCIÓN U ORIGEN DE POLVOS EN LA MINERÍA	17
2.1.3 EFECTOS PATOLÓGICOS DEL POLVO EN LA MINERÍA	18
2.1.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL CONTROL DE	
CONTAMINANTES	22
2.1.4.1 Cámaras de sedimentación:	23
2.1.4.2 Separadores centrífugos:	23
2.1.4.3 Colectores húmedos:	23
2.1.4.4 Filtros de tela o bolsas:	24
2.1.4.5 Precipitador electrostático:	25
2.1.5 SISTEMAS DE COLECTORES DE POLVO	25
2.1.6 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA	27
2.1.6.1 Mina:	28
2.1.6.2 San Nicolás:	28

2.1.6.3	San Juan:	29
2.1.7	ALTERACIONES LOCALES EN LA COMPOSICIÓN DEL AIRE.....	29
2.1.8	ATMOSFERA Y SALUD HUMANA	30
2.1.9	LÍMITES PERMISIBLES DE CONTAMINANTES AMBIENTALES EN EL AIRE	32
2.1.10	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	33
2.1.11	TIPOS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	35
2.1.11.1	Contaminación del agua:	35
2.1.11.2	Contaminación del aire:.....	35
2.1.11.3	Contaminación del suelo:	35
2.1.11.4	Contaminación radiactiva:.....	36
2.1.12	PASIVOS AMBIENTALES DE LA MINERÍA	36
2.1.12.1	Consecuencias ambientales:	36
2.1.12.2	Consecuencias sociales:.....	37
2.1.13	EMISIONES MINERAS A LA ATMOSFERA	38
2.1.13.1	Emisiones solidas:	39
2.1.14	MONITOREO AMBIENTAL	40
2.1.14.1	Criterios de ubicación de estaciones meteorológicas:	40
2.1.14.2	Monitoreo de exposición ocupacional:.....	41
2.1.14.3	Índices de exposición:	42
2.1.15	SALUD OCUPACIONAL.....	43
2.1.16	POLÍTICA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....	44
2.1.17	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MITIGACIÓN DE POLVOS EN PLANTA DE CHANCADO N° 1 - SAN NICOLAS	44
2.1.18	MARCOS CONCEPTUALES O GLOSARIO	46
III.	HIPOTESIS Y VARIABLES.....	48
3.1.	HIPOTESIS GENERAL	48
3.2.	HIPOTESIS ESPECÍFICA.....	49
3.3.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	49
3.4.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	50
IV.	METODOLOGÍA	53
4.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	53
4.2.	UNIDAD DE ANALISIS	53
4.3.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	54

4.4. TAMAÑO DE MUESTRA	54
4.5. SELECCIÓN DE LA MUESTRA	54
4.6. TÉCNICA DE COLECCIÓN DE DATOS	54
4.7. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	55
V. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	55
5.1. RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LA VARIABLE DEPENDIENTE	55
5.1. EVALUACIÓN DE POLVO AMBIENTAL POR AÑO Y MESES.....	64
5.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS	68
5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	70
VI. CONCLUSIONES	72
VII. RECOMENDACIONES	72
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	74
IX. ANEXOS.....	77
9.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	77

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito lograr minimizar la polución ambiental y exposición ocupacional mediante el sistema de mitigación de polvo de hierro en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Esta investigación es de tipo aplicada, es decir busca demostrar la relación causal entre las variables de estudio (sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro y polución ambiental), utilizándose el diseño pre-experimental con una sola evaluación (evaluación post test); para lo cual, se trabajó con una población de 15 trabajadores que laboran en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., quedando conformada la muestra por el mismo número de trabajadores; a quienes se les aplicó un cuestionario para medir el nivel de disminución de la polución ambiental en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la citada Empresa Minera. Asimismo, el método utilizado en la presente investigación fue el cuantitativo y en cuanto al método de procesamiento de datos se ha empleado la estadística descriptiva e inferencial.

Los resultados de la investigación reflejan que el promedio del nivel de influencia del Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro es significativo, a un nivel de confianza del 95% y significancia del 5%; es decir, que el Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro es eficiente para la reducción del límite máximo permisible de calidad ambiental ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable ($2.2 \text{ mg}/\text{m}^3$) y de polvo inhalable ($13 \text{ mg}/\text{m}^3$) en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Palabras clave: Sistema, mitigación, polvo, planta chancadora, hierro, polución ambiental, salud ocupacional, seguridad ocupacional.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to minimize environmental pollution and occupational exposure through the iron dust mitigation system at the Chancadora Plant in the San Nicolás benefit area of the Shougang Hierro Peru Mining Company S.A.A.

This research is of the applied type, that is, it seeks to demonstrate the causal relationship between the study variables (iron ore dust mitigation system and environmental pollution), using the pre-experimental design with a single evaluation (post-test evaluation); for which, we worked with a population of 15 workers who work in the Chancadora Plant of the San Nicolás benefit area of the Shougang Hierro Peru Mining Company S.A.A., the sample being formed by the same number of workers; to whom a questionnaire was applied to measure the level of reduction of environmental pollution in the Chancadora Plant of the San Nicolás benefit area of the aforementioned Mining Company. Likewise, the method used in the present investigation was the quantitative one and in the method of data processing, descriptive and inferential statistics have been used.

The results of the investigation show that the average level of influence of the iron ore dust mitigation system is significant, at a confidence level of 95% and significance of 5%; that is, that the Iron Ore Powder Mitigation System is efficient for the reduction of the maximum permissible environmental quality limit ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and the occupational exposure to respirable dust particles ($2.2 \text{ mg}/\text{m}^3$) and of inhalable powder ($13 \text{ mg}/\text{m}^3$) in the San Nicolás Benefit Area Crushing Plant of the Shougang Hierro Perú SAA Mining Company.

Keywords: System, mitigation, dust, crushing plant, iron, environmental pollution, occupational health, occupational safety.

INTRODUCCIÓN

La industria minera ha sido considerada como una actividad que contamina y deteriora el medio ambiente, generando en su defecto grandes consecuencias en la salud de la población. Hoy en día, la ciencia y la tecnología nos brindan una serie de técnicas, métodos y procedimientos de tal manera, que la industria minera se puede practicar con criterios medioambientales aceptables e insertados en el desarrollo sostenible, es decir, aprovechar los recursos mineros en forma racional y sin dañar el medio ambiente ni al ser humano.

SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A. es una empresa que tiene implementado el PAMA, y realiza monitoreos ambientales de partículas en el aire, suelo y agua. En el caso de monitoreo de partículas en el aire (polvo) la misma empresa lo realiza a través del Departamento de Medio Ambiente (los equipos cuentan con certificado de calibración).

Los factores que me motivan a tratar este tema fueron los problemas ambientales y sus impactos generados en los trabajadores, el entorno y el medio ambiente circundante; por ello, surgió un interés de conocer y dar a conocer información acerca de este gran problema y la manera de mitigarlo.

Mediante el presente trabajo se tratará de contribuir en la solución en parte del gran problema, como es la contaminación ambiental y sus secuelas que ello implique, por los polvos generados en la Planta Chancadora de San Nicolás, así el presente trabajo se encauza en identificar en una parte del proceso productivo, un hecho ambiental, como poder conocerlo y en lo posible mitigarlo y disminuir sus efectos.

El estudio se refiere a las emisiones de material particulado de la Planta Chancadora del Área Beneficio San Nicolás de SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. y su posible solución con la Implementación de un Sistema de Mitigación de Polvo que comprende el diseño, montaje y puesta en marcha para la mitigación de la polución en las áreas de trabajo de Chancado del Titular Minero SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A., el mismo que se pondrá a disposición de la empresa para su posible diseño y ejecución.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La actividad minero-metalúrgica genera impactos ambientales en sus diversos procesos, como la polución como elemento del proceso de beneficio durante el chancado primario o secundario, estas emisiones no eran controladas porque no referían con estándares de calidad ambiental o límites máximos permisibles de emisión, aplicables para evitar la contaminación ambiental. A fin de reducir los peligros potenciales para la salud de los seres humanos y medio ambientales, sin embargo empezó el lineamiento para proteger el medio ambiente como la creación del Ministerio del Ambiente mediante el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM, o el caso de monitoreos ambientales normado con el Decreto Supremo N° 059-93-EM, y la nueva promulgación de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo Ley N° 29783 en el año 2011.

Actualmente las empresas del sector minero están en aplicación las normas nacionales enfocadas a la seguridad, salud ocupacional, higiene ambiental y protección del medio ambiente; destinadas a controles ambientales para evitar la contaminación del aire; en nuestro país hace 20 años no existían estándares ambientales reguladores y fiscalizadores de la contaminación ambiental en las industrias mineras de extracción y procesamiento de mineral en sus Plantas de Chancado de mineral.

La actual Planta Chancadora situada ubicada en el complejo metalúrgico San Nicolás, tiene una producción de mineral de chancado secundario de 3,600 TMPH de material en chancadoras cónicas, proveniente del carguío y chancado primario en mina, el cual es enviado a través de fajas transportadoras hasta el área de beneficio; donde es clasificado, concentrado y procesado para la obtención la concentración del mineral de hierro.

Las partículas sólidas de polvos son generadas en las diferentes operaciones de la minería produciendo una serie de emisiones de polvo a la atmósfera; fundamentalmente durante las actividades extractivas como la voladura, durante el carguío, el acarreo, el chancado primario, secundario de mineral y el transporte por fajas.

Mediante los monitoreos ambientales PM-10 se registran concentraciones medias aritméticas diarias superiores a 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que es límite máximo de

calidad del aire aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 315-96 EM/VMM.

Además, en los monitoreos personales de exposición al polvo, se identificó registros de partículas diminutas de polvo respirable inferiores de 2.2 mg/m^3 ; dichos monitoreos realizados por área de Higiene y el médico en salud ocupacional, ambos pertenecientes al Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional, durante la exposición personal a agentes químicos; como partículas de polvo de hierro que superan al parámetro máximos de 3 mg/m^3 de polvo respirable y de 10 mg/m^3 de polvo inhalable dispuestos en el Anexo N° 15 del DS 024-2016-EM, valores que exceden también a los valores químicos permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo dispuesta en el DS 015-2005-SA para polvo respirable e inhalable; cuya repercusión en la salud humana merece especial consideración por la aparición de enfermedades ocupacionales como la neumoconiosis.

Un aspecto ambiental de especial consideración es la velocidad del viento que se registra en el distrito de San Juan de Marcona, provincia de Nasca, departamento de Ica; considerado como uno de los lugares con mayor incidencia de vientos a nivel nacional con un promedio de 9 m/s a un nivel de 40 m.s.n.m. (Fuente: J. Velásquez, 2002 ADINELSA). Factor influyente a considerar en el sistema de mitigación de polvo en planta de chancado secundario ubicadas a 32 m.s.n.m.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL:

¿En qué medida la implementación del Sistema de Mitigación de Polvo en la Planta Chancadora del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A. permite cumplir con los límites máximos permisibles de polución ambiental y exposición ocupacional en la Planta Chancadora?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- ¿Seguirá el incremento de registros de enfermedades ocupacionales como la neumoconiosis o la siderosis especialmente en los trabajadores de la Planta Chancadora de San Nicolás?
- ¿Reducirán los registros de monitoreos de exposición personal ocupacional de los trabajadores de Planta Chancadora, al material particulado que superan los límites permisibles de 3 mg/m^3 para polvo respirable?
- ¿Reducirán los registros de monitoreos personales de exposición personal ocupacional superan los 10 mg/m^3 , excediendo los límites máximos para polvo inhalable?
- ¿Se lograra mejorar los valores elevados de los límites máximos permisibles de calidad ambiental, registrado por el equipo PM-10 durante los monitoreos de calidad de aire que superan los $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en la Planta Chancadora?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Con la presente investigación se busca demostrar la reducción de la contaminación ambiental y la exposición personal de polvo de hierro; con el sistema de mitigación de polvo en planta de chancado secundario San Nicolás, planteando las acciones de manejo ambiental de forma individual para cada impacto identificado y evaluado.

La descripción de estas medidas por impacto, serán de utilidad para las instancias que realizan seguimiento a la aplicación de las mismas como instancias de fiscalización ambiental y de salud ocupacional.

También tiene como finalidad conocer las concentraciones de las sustancias o contaminantes presentes en el ambiente de trabajo por exposición en la jornada laboral, cuyos límites máximos permisibles no deben ser excedidos.

Las actividades extractivas de minería y concentradoras metalúrgicas generan diversos agentes contaminadores de aire en diferentes cantidades, actualmente con una exposición promedio de partículas de polvo respirable de 4.5 mg/m^3 excediendo los límites de exposición de partículas respirables y de $500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ promedio del estándar de calidad ambiental, los cuales deben ser controlados con la implementación del sistema de mitigación de polvo.

Cada parte que integra el Sistema de Mitigación de polvo tiene como objetivo el control de aspectos ambientales para contrarrestar la contaminación de mineral de polvo en los lugares de trabajo, considerando una variable clave la velocidad del viento que se registra en el complejo metalúrgico; sin dejar de mencionar los daños a la persona como la posible aparición de enfermedades ocupacionales como la neumoconiosis debido por la exposición a agentes químicos, como el polvo de hierro suspendido sin controlar los límites máximos permisibles de exposición personal y ambiental.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Minimizar la polución ambiental y exposición ocupacional a agentes químicos mediante el sistema de mitigación de polvo de hierro en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el Sistema de Mitigación de polvo instalado en la Planta Chancadora, San Nicolás.
- Analizar la reducción la exposición del personal en el interior de Planta Chancadora al material particulado no excediendo los 3 mg/m³ y 10 mg/m³ de polvo respirable e inhalable respectivamente.
- Analizar la reducción de la exposición del límite máximo permisible para la calidad de aire de 500 µg/m³ en las instalaciones de Planta Chancadora.
- Demostrar el índice de reducción de registro de enfermedades ocupacionales en los trabajadores de Planta Chancadora.

II. MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

A nivel internacional tenemos los siguientes estudios:

Moraga, Rivera, y Soto, M. (2010) en su investigación titulada: “*Evaluar y proponer la disminución de material particulado en la planta de chancado secundario-terciario en división el Teniente de Codelco Chile*”. En dicho estudio, la investigadora alcanzó a determinar que el inventario de emisiones que fue construido comprobó que el aumento o la disminución de las emisiones en la fábrica de chancado no se encontraba en condiciones debido al aumento en la capacidad del proceso, esto debido a que a partir del 2006 si bien se aumentó la producción, las emisiones no siguieron en esa tendencia. Se reportó la continuidad de explosiones de polvo que ocurrieron en distintos sectores. De acuerdo a la observación se lograron identificar explosiones que ocurrieron en las cabezas de las zarandas, así como otras que se produjeron en las cabezas y colas de los chancadores, otras producidas en las fajas transportadoras y en los chutes. A su vez se pudo determinar que dichas emisiones explosivas que se generaron en la planta de Chancado, se originan mayormente en los chutes debido a que en la parte interior se efectúa una caída por la gravedad de la carga lo que ocasiona grandes cantidades de polvo en suspensión.

Mota (2013) en su investigación titulada: “*Análisis multitemporal para la evaluación de impacto ambiental de una mina de hierro a cielo abierto*”. En el estudio en mención la investigadora determinó que la actividad minera implica el manejo y/o el uso de nuevas técnicas junto con la normatividad correspondiente para tratar de reducir los impactos generados al medio ambiente, genera alteraciones en los tres componentes ambientales que son el medio físico, biológico y socioeconómico. Partiendo de ello, en el estudio también se determinó en términos de calificación (considerando 1000 UIA - Unidades de Impacto Ambiental como la condición optima o sin impacto) para el año de 1956 y 1971 se presenta una calidad de 927.78 UIA indicando que el medio está siendo afectado por otras actividades que en este caso es la agricultura. En 1985 se tiene una calificación de 784.78 UIA con una variación de 142.29 UIA. Para el año de 1990 se considera una calidad 806.76 UIA indicando una mejoría en el medio físico, sin embargo esta calidad disminuye para 1995 mostrando una tendencia negativa valor de 748.32 UIA pero esta calidad muestra una recuperación para el año 2000 con

785.18 UIA. Este comportamiento se repite para el 2005 con un descenso con valor de 752.21 UIA y en el 2010 tiene valor de 772.80 UIA. De esta manera, se considera un Impacto Ambiental neto de 154.27 UIA para el periodo 1965 – 2010. La variación de las calificación de calidad obtenidas anteriormente indican que los elementos más alterados en su calidad son el factor Tierra-Suelo y Calidad del Agua superficial del Medio Físico, seguido por la Vegetación natural terrestre del Medio Biológico los cuales son los más afectados en el proyecto minero. El Medio Socioeconómico indica una mejoría en la calidad en cuestión de crecimiento en Infraestructura y Economía.

Wilhelm (2013) en su investigación titulada: “*Mejoramiento de la gestión de carga viva en acopio los colorados, minera escondida LTDA.*”. En tal investigación se determinó la capacidad de la Planta Concentradora Los Colorados, el *stockpile* de la misma tiene 480.000 toneladas de capacidad, además cuenta con tres líneas de extracción por debajo de las reservas que se encargan de alimentar a tres molinos SAG, en ésta, la línea número 3 cuenta con una condición prioritaria en la alimentación pues el Molino SAG N° 3 posee la mayor capacidad de procesamiento. Obedeciendo a un diseño que no concuerda con las características del mineral, se generaban problemáticas como la formación de ratholes, una compactación sectorizada y la segregación del mineral. Debido a esto, la carga se debía limitar a un máximo de 3 horas, por ende esto no representaba un sistema flexible que permitiese desacoplar los procesos desarrollados entre la mina y la planta concentradora. Debido a un diseño no acorde a las características del mineral, se generaban problemas tales como la formación de ratholes, la compactación sectorizada y la segregación de mineral. Consecuentemente, la carga viva del acopio es reducida y su autonomía se limitaba como máximo a 3 horas, lo que no representaba un sistema flexible que permita desacoplar los procesos entre la mina y la planta concentradora. Por ende, esto significa que una falla en el proceso de aguas arriba crearía un impacto directo en la alimentación las plantas. Pues el cuello de botella de la producción que se genera en el stockpile, genera la necesidad de analizar y estudiar sus comportamientos y las condiciones de operación llegan a traspasar el cuello de las botellas hacia

las plantas, donde se supone debería estar por diseño. Por ende, al ocurrir una falla en el proceso de aguas arriba, esto origina un impacto en la alimentación hacia las plantas pues el cuello de botella de la producción se generaba en el stockpile, por este hecho se origina la necesidad de realizar un estudio de su comportamiento así como de las condiciones de operación para lograr traspasar el cuello de la botella hacia las plantas.

A nivel nacional tenemos los siguientes estudios:

Aguedo (2008) en su investigación titulada: “*Problemática medioambiental de las canteras de materiales de construcción en Lima*”. En el estudio en mención el investigador determinó que la efusión de polvo que se produce debido a las operaciones de chancado y a la clasificación de los materiales utilizados en la construcción, así como durante el transporte de los mismos originados por los volquetes, ocasiona daños a la salud de los poblados cercanos a la zona, además del detrimento de la vegetación del entorno. Del mismo modo se evidenció que diversas plantas portátiles dedicadas a la clasificación y al chancado de materiales de construcción se encuentran operando sin contar con una autorización de funcionamiento expedida por la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas. Del mismo modo se comprobó que las plantas de chancado en su gran mayoría no contaban con atomizadores de agua o con campanas extractoras de polvo para minimizar la polución ocasionada por el proceso. Se pudo demostrar que el tipo de atomizador dependerá de las dimensiones de las chancadoras y de los circuitos donde deben estar ubicados para poder controlar de forma efectiva la generación de polvo.

Díaz (2010) en su investigación titulada: “*Indicadores de desempeño ambiental en la mediana minería caso Unidad Minera Atacocha de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.*”. En el estudio en mención el investigador determinó que la gestión ambiental de la Unidad Minera Atacocha se ha fundamentado en la metodología Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y los requisitos establecidos en la norma ISO 14001; lo que articula y compatibiliza el sistema de indicadores ambientales con las herramientas de gestión ambiental desarrolladas. Del análisis de los resultados preliminares obtenidos en la prueba del Sistema de Indicadores Ambientales se observó que mantener y cumplir con las actividades de

seguimiento garantiza la confiabilidad de los resultados, pues determina la disponibilidad de información útil. Asimismo, se pudo corroborar que implementar informes parciales y del desempeño ambiental permiten actuar de manera oportuna corrigiendo, mitigando o previniendo aspectos que de cierta forma puedan ocasionar impactos negativos generados por las actividades desempeñadas e identificados por los indicadores ambientales. En última instancia se determinó que estos mecanismos de aplicación así como las actividades de seguimiento y las instrucciones de las operaciones permiten asegurar la funcionalidad del sistema de los indicadores ambientales, debido a la especificación de estos, la frecuencia para la recolección de la información, la manera de ingreso al sistema y el procedimiento para poder sustraer la información.

Carhuapoma (2015) en su investigación titulada: *“Propuesta de implementación de un sistema de mitigación de polvo en el proceso de chancado de mineral de la planta chancadora de Shougang Hierro Perú S.A.A.”*. En el estudio en mención la investigadora determinó que los criterios para el diseño de implementación del Sistema de mitigación de polvo para la planta chancadora de SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. fueron los más adecuados ya que se ha logrado una eficiencia de 99.9% con el nuevo proceso, logrando así obtener un mejor cuidado al medio ambiente y a la salud ocupacional. También se determinó que el sistema propuesto es efectivo para el manejo y control de polvo, obteniéndose un 99.9% de eficiencia lo que hace que sea un sistema seguro en el control de polvo frente al sistema actual que es de 70 % - 75% de eficiencia y posee ventajas con respecto a otros sistemas de control de polvo en que disminuye las emisiones fugitivas y se prevé un menor costo de capital. Asimismo, se determinó que la inversión en el sistema de mitigación de polvo propuesto es rentable, ya que el costo directo estimado es de S/. 2'727,366.20 y sumados los imprevistos (5%), gastos generales (10%), utilidad (10%) y los impuestos de ley (18%) hacen un total de S/. 4'025,592.51, para la ejecución de tal proyecto.

2.1 BASES TEÓRICAS

2.1.1 DEFINICIÓN DE POLVO

De acuerdo a Vega (2007), este se encarga de definir este término como la agrupación de diminutas partículas que van de 1 a 100 micras de diámetros y que son capaces de permanecer de manera temporal en suspensión en el aire. El artículo 85, define el polvo como un agente químico, mientras que el artículo 86 define que los Límites Máximos Permisibles (LMP), de polvo son los siguientes: polvo inhalable $10 \text{ mg} / \text{m}^3$ y polvo respirable $3 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Un conjunto de especificaciones para definir el polvo: Cantidad de partículas por unidad de volumen.

- La dimensiones de las partículas y su distribución.
- Masa de polvo por unidad de volumen de aire.
- Área superficial de las partículas por unidad de volumen.
- Composición química del polvo.
- Naturaleza mineralógica de las partículas.

Entre las propiedades más resaltantes del polvo originado por las minas, está la distribución granulométrica pues será el tamaño; o de las partículas sólidas lo que determinará el tiempo que estas permanecerán en suspensión en la atmósfera y cómo se asentarán.

2.1.2 PRODUCCIÓN U ORIGEN DE POLVOS EN LA MINERÍA

El polvo es generado por distintas fuentes como las plantas de chancado, las tolvaneras y otros procedimientos de fabricación. Estas partículas son medidas por sus dimensiones y clasificadas como tóxicas en caso que produzcan alguna reacción en el cuerpo humano o en animales y plantas.

La actividad minera origina un conjunto de emisiones hacia la atmósfera las cuales se manifiestan en distintas formas. Desde sólidas, partículas de polvo que pueden aparecer tras las voladuras, el transporte y la carga, gases con la piro-metalurgia o los escapes de vehículos.

Un factor a destacar se trata de la minería subterránea, en la misma se procederá a emitir mediante uno o distintos puntos conocidos como chimeneas de ventilación o pozos de circulación del aire, el polvo o las partículas del mismo hacia la atmósfera. De cualquier manera, se plantea como poco posible que se evite su emisión, ya que esto perjudicará de

manera principal a la roca sin que haya la posibilidad de humedecer con rapidez para evitar que se disperse. Exclusivamente en la minería subterránea será posible evitar su fuga a través de filtros ubicados en los puntos de salida. No obstante, estos filtros se evitan por lo general para favorecer la rapidez de la limpieza de las partículas de polvo que se genera dentro de la mina en el proceso de la voladura. Los componentes de este polvo que se produce en el interior de la mina se tratan de los mismos de la roca volada, por lo que se trata de roca volada, con compuestos minerales que al contener minerales oxidables, poseen metales pesados, entre otros.

El polvo que se genera durante el proceso de transporte entra en las posibilidades de que este elemento se fugue. Tanto en camiones como en el caso de las fajas transportadoras, en el primer caso se produce una unión entre las partículas que proceden del yacimiento y de la pista. Otra posibilidad corresponde al polvo generado durante el proceso de transporte, en su doble vertiente de polvo que pueda escaparse del elemento de transporte (camión o fajas transportadoras). En el caso de los camiones, se produce una mezcla entre partículas procedentes del yacimiento y las procedentes de la pista.

2.1.3 EFECTOS PATOLÓGICOS DEL POLVO EN LA MINERÍA

De acuerdo a Martínez, Quero, Isidro y Rego (2010), las partículas de polvo que se distribuyen por la atmósfera se denominan como el polvo en suspensión. Este polvo genera efectos, sin embargo el principal se trata del oscurecimiento de la atmósfera que puede afectar la salud de los individuos que inhalen dicho polvo. En este caso existen 2 factores destacados: la composición de las partículas y la granulometría.

El tamaño de las partículas reducido al aspecto granulométrico, puede variar en dimensiones de acuerdo a la energía que las sustenta.

La energía dependerá desde un viento fuerte hasta la intensidad de una fuerza volcánica o las voladuras de rocas.

De cualquier forma las partículas de dimensiones menores se pueden mantener por lapsos más largos que las de mayor tamaño. Las de menor dimensión cuentan con un mayor tiempo de residencia en la atmósfera, es

decir, a pesar de que todas se inclinan por sedimentarse, en cuanto a la energía de sustentación o disminuye lo necesario o cesa.

Por consiguiente las de tamaño inferior a 2.5 mg/m^3 presentan los mayores tiempos de residencia, con diferencia respecto a las de mayor tamaño, causado afecciones en especial a la salud pues las partículas con tamaño inferior a 10 mg/m^3 pueden tener un alcance en las zonas más profundas del sistema respiratorio. Las partículas con mayor tamaño a su vez se retienen en el tracto respiratorio, de acuerdo a esta comparación las partículas de menor dimensión ocasionan mayores daños a la salud.

Por otro lado, las partículas con dimensiones menores se originan de manera casi exclusiva por la realización de procesos de combustión, por ende se asocian a la contaminación urbana o proveniente de las industrias.

La composición ocupa una gran importancia ya que ciertas partículas pueden generar efectos nocivos para la salud. Ciertos asbestos pueden ocasionar asbestosis, mientras que la sílice puede originar silicosis. Las partículas pueden estar compuestas de metales pesados que pueden producir ciertos padecimientos como saturnismo por el plomo en el proceso de combustión de gasolina o hidrargirismo por el mercurio.

Para conservar ambientes saludable se cuenta con los límites o estándares de calidad del aire emanados por el Ministerio de Energía y Minas MINEM y el Ministerio del Ambiente MINAM, los cuales muestran los límites que se debe cumplir y cuidar de no sobrepasar para garantizar ambientes saludable a las personas.

Cuadro N° 1

Niveles máximos permisibles de calidad de aire

Parámetro	Concentración Media Aritmética diaria $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)	Concentración Media Aritmética anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)	Concentración Media Geométrica anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)
Anhídrido Sulfuroso	572 (0.2)*	172 (0.06)	-
Partículas en Suspensión	350*	-	150
Plomo	-	0.5	-
Arsénico	6	-	-

(*) No debe ser excedido más de una vez al año

Además deberá considerarse:

- Concentración Mensual de Plomo = $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- Concentración de Arsénico en 30 minutos = $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(no debe ser excedido más de una vez al año).

Fuente: Ministerio de Energía y Minas R.M. N° 315-96-EM/VMM (Julio 1996)

Elaboración propia

El valor del límite máximo permisible para conservar la calidad del aire dispuesto por nuestra normativa nacional es de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para las partículas en suspensión, para una concentración media aritmética diaria, mediante los monitoreos realizados PM-10, por el punto fijado en el PAMA la concentración supera este límite de calidad del aire necesitando medidas de control para la minimización del mismo.

Cuadro N° 2

Límites de exposición ocupacional para agentes químicos

Nº	Agentes Químicos (en el aire)	Límites de Exposición Ocupacional			
		TWA		STEL	Techo (C)
1	Acetona	500	ppm	750	ppm
2	Ácido Acético	10	ppm	15	ppm
3	Ácido Clorhídrico				2 ppm
4	Ácido Nítrico	2	ppm	4	ppm
5	Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	10	ppm	15	ppm
6	Amoniaco Anhidro	25	ppm	35	ppm
7	Anhidrido Sulfuroso (SO ₂)	2	ppm	5	ppm
8	Antimonio	0,5	mg/m ³		
9	Arseniato de Plomo	0,15	mg/m ³		
10	Arseniato de Calcio	1	mg/m ³		
11	Arsénico (can)	0,01	mg/m ³ A1		
12	Benceno (can)	0,5	ppm (p)		
13	Cianuro (Como CN)				5 mg/m ³ (p)
14	Cianuro de Hidrogeno (HCN)				4,7 ppm(p)
15	Cloro	0,5	ppm	0,1	ppm
16	Clorobenceno	10	ppm	20	ppm
17	Cloroformo	10	ppm		
18	Cobre (humo)	0,2	mg/m ³		
19	Cobre (polvo/neblina)	1	mg/m ³		
20	Dióxido de Carbono	5000	ppm	30000	ppm
21	Dióxido de Nitrógeno	3	ppm	5	ppm
22	Éter Etilico	400	ppm	500	ppm
23	Fluoruro de Hidrogeno (HF)				2,5 mg/m ³
24	Formaldehído				0,3 ppm
25	Fosgeno	0,1	ppm		
26	Gasolina	500	ppm		
27	Hidrógeno (H)				5000 ppm
28	Humo de Cadmio (can)	0,01	mg/m ³		
29	Humo de Óxido Férrico	5	mg/m ³		
30	Manganeso	0,2	mg/m ³		
31	Mercurio	0,025	mg/m ³ (p)		
32	Metano (CH ₄)				5000 ppm
33	Monóxido de Carbono (CO)	25	ppm		
34	Mónóxido de Nitrogeno	25	ppm		
35	Neblina de ácido sulfúrico	1	mg/m ³	3	mg/m ³
36	Oxígeno (O ₂)	19,5	%		22,5 %
37	Ozono Trabajo Pesado	0,05	ppm		
38	Ozono Trabajo Moderado	0,08	ppm		
39	Ozono Trabajo Ligero	0,1	ppm		
40	Ozono Trabajo Cualquiera (<= 2 horas)	0,2	ppm		
41	Plomo	0,05	mg/m ³		
42	Polvo de Carbón - Antracita	0,4	mg/m ³		
43	Polvo de Carbón - Bituminoso	0,9	mg/m ³		
44	Polvo inhalable (1)	10	mg/m³		
45	Polvo respirable (1)	3	mg/m³		
46	Selenio	0,2	mg/m ³		
47	Sílice Cristalino Respirable (Cristobalita)	0,05	mg/m ³		
48	Sílice Cristalino Respirable (Cuarzo)	0,05	mg/m ³		
49	Sílice Cristalino Respirable (Tridimita)	0,05	mg/m ³		
50	Sílice Cristalino Respirable (Tripoli)	0,1	mg/m ³		
51	Talio, Compuestos solubles de	0,1	mg/m ³ (p)		
52	Telurio	0,1	mg/m ³		
53	Tetracloruro de Carbono	5	ppm(p)	10	ppm(p)
54	Tolueno	50	ppm(p)		
55	Uranio, Compuesto solubles e insolubles	0,2	mg/m ³	0,6	mg/m ³
56	Vanadio, Polvos de V ₂ O ₅	0,5	mg/m ³		
57	Vanadio, Humos metálicos de V ₂ O ₅	0,1	mg/m ³		
58	Zinc (humo)	2	mg/m ³	10	mg/m ³

(p): Además de la vía respiratoria se debe considerar absorción dérmica

(can): Compuesto con alguna calificación de cancerígeno

(1) Este valor es para material particulado inhalable (total) que no contenga amianto y con menos del 1% de sílice cristalina

*: Tomado del D.S. 015-2005-SA, sin modificar los valores establecidos y D.S.N° 046-2001-EM.

CONVERSIÓN:

$$\text{mg/m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{PesoMolecular}}{24,45}$$

Cuando sea necesario, se debe considerar una corrección por presión y temperatura.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Anexo N° 15 del DS 024-2010-EM.

Por ultimo estos valores de límites de exposición ocupacional de agentes químicos en el aire específicamente para polvo respirables es de 3 mg/m^3 y para polvo inhalable es de 10 mg/m^3 son superados en los interiores de la Planta Chancadora San Nicolás.

2.1.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL CONTROL DE CONTAMINANTES

Según el estudio realizado por Warner (2011) y Anguita y Rueda (2010) para los equipos purificadores del aire se pueden relacionar con el tamaño de partículas que pueden capturar. La captación de partículas suspendidas de polvo dependerá directamente del tamaño para la aplicación posterior de algún equipo que integra el sistema de mitigación de polvo.

Cuadro N° 3
Tamaños de partículas a ser atrapadas

Equipo	Rango de partículas que atrapa en micras
Precipitadores electrostáticos	0.01 a 90
Torres empacadas	
Filtros de papel	0.01 a 100
Filtros de tela	0.005 a 8
Lavadores de gases	0.05 a 90
Separadores centrífugos	0.05 a 100
Cámaras de sedimentación	5 a 1000

Fuente: Vega D. (2007) “El origen de polvos y su mitigación en la minería”.

De la misma forma Vega D. (2007) hace la diferencia de equipos a utilizar para controlar un contaminante, este no sólo depende del tamaño de las partículas a controlar, sino también son muy importantes sus características físicas y químicas.

Esto quiere decir si tenemos un filtro de tela con material húmedo o con alta temperatura no nos será útil y tampoco funcionará un precipitador electrostático si el material a capturar no se puede ionizar.

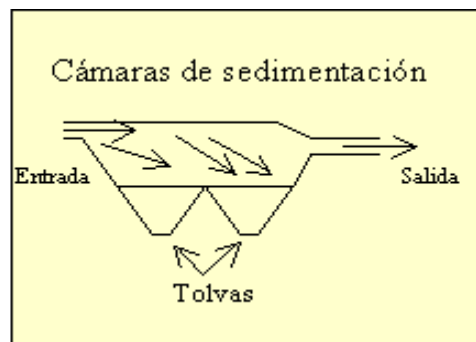
Por esta razón se necesita conocer las características físicas y limitaciones operativas de los equipos de control. Existen una gran variedad de sistemas de mitigación de polvo como:

2.1.4.1 Cámaras de sedimentación:

Estas cámaras son relativamente grandes donde la velocidad de contaminantes desciende por gravedad depositándose en el fondo del equipo pero solo para partículas mayores a 1000 micras y de densidad alta.

Figura N°1

Cámara de sedimentación



Fuente: Vega D. (2007) “El origen de polvos y su mitigación en la minería”.

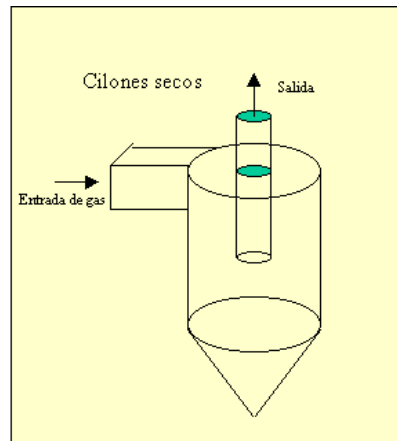
2.1.4.2 Separadores centrífugos:

También se les conoce como ciclones y son de baja o alta energía. Estos ciclones utilizan la fuerza centrífuga haciendo que las partículas se adhieran a una de sus paredes, para caer a una tolva receptora. Llegando a capturar con un 95 % de eficiencia partículas de 50 micras, pero si su diámetro es pequeño, porque la fuerza centrífuga es mayor que con diámetros grandes.

2.1.4.3 Colectores húmedos:

Para estos colectores húmedos se atrapa las partículas de polvo con gotas de agua que están en circulación dentro del colector para luego direccionar el agua y los contaminantes atrapados.

Figura N° 2
Colectores húmedos

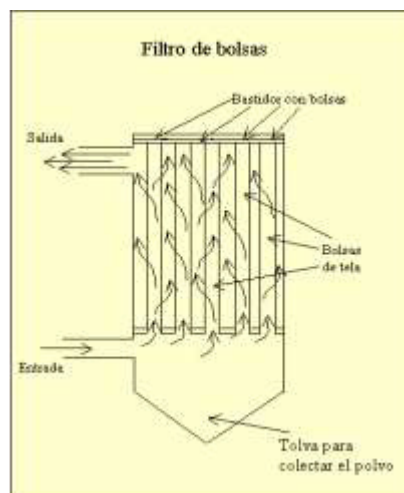


Fuente: Vega D. (2007) “El origen de polvos y su mitigación en la minería”.

2.1.4.4 Filtros de tela o bolsas:

Para los filtros o bolsas, su flujo contaminado pasara por un medio filtrante que suele ser de tela. Su eficiencia es buena y la caída de presión es media, al igual que pueden trabajar con grandes volúmenes y su potencia es media.

Figura N° 3
Filtros de tela o bolsas

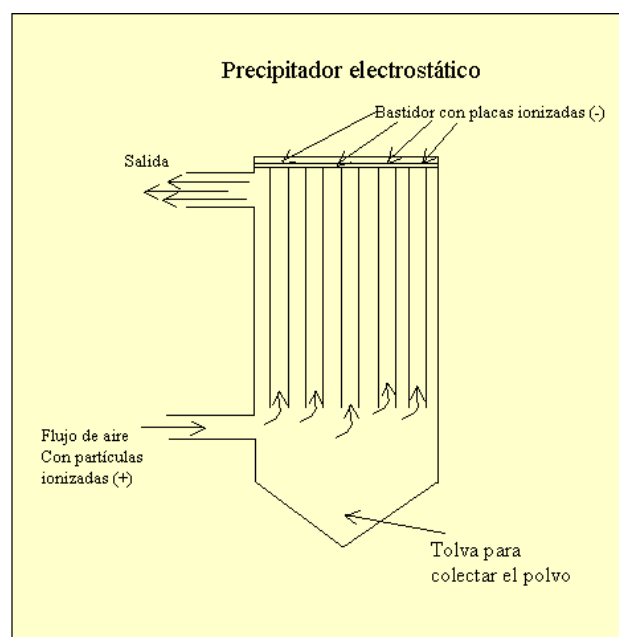


Fuente: Vega D. (2007) “El origen de polvos y su mitigación en la minería”.

2.1.4.5 Precipitador electrostático:

Estos son de alta eficiencia funciona al ionizar las partículas contaminadas y éstas pasan entre unas placas con carga contraria, a su ionización para que se adhieren a éstas. Finalmente cuando las placas se encuentran impregnadas con contaminantes serán descargadas y sacudidas para que los contaminantes caigan a una tolva inferior.

Figura N° 4
Precipitador electrostático



Fuente: Vega D. (2007) "El origen de polvos y su mitigación en la minería".

2.1.5 SISTEMAS DE COLECTORES DE POLVO

Una descripción en el trabajo de Moraga, Rivera, Soto (2010). En CODELCO – Chile, en particular en la Planta de Chancado Secundario-Terciario hace la descripción de 19 colectores de polvo operativos, 13 son del tipo "Aeromix Wet Scrubbers" y 6 del tipo "Rotoclone", siendo todos de extracción localizada, es decir que las campanas de captación de estos colectores se ubican y están diseñadas para capturar el polvo introducido en los principales sectores donde se genera la emisión de este material de partículas tales como las tolvas de transferencia, las fajas transportadoras y los chutes de descarga. El polvo recolectado es transportado a un equipo de

tratamiento en donde se procede a suministrar el agua, contribuyendo a que el polvo se agrupa y pueda transportarse a través de canales bajo la tierra siendo transportado por el agua, concluyendo en una canaleta que lo conducirá hasta la Planta de Tratamiento de Relaves (PTR) en la que se le realizará el tratamiento y la recuperación adecuada a estos minerales.

Desde otro aspecto, a su vez nos señala que estos colectores de polvo deben mantener funcionando de forma permanente, a excepción de casos de emergencia como incendios o roturas de la canal de pulpa por el mantenimiento de manera programada de la planta de Chancado o del Colecto de polvo.

Todos los colectores de polvo necesitan contar con un programa de mantención tanto mecánica como eléctrica, añadiendo deben funcionar en un rango de trabajo determinado, para esto el operador deberá realizar un ajuste dentro de las especificaciones exigidas y mantener un registro de los datos que se precisan para el procedimiento. Las características del material particulado durante el proceso de chancado constituyen partículas pesadas de gran diámetro, los cuales sedimentan cerca de la fuente, es decir, dentro del área de la planta. Los factores que inciden principalmente en la emisión de material particulado son la humedad de la roca, el contenido de los finos, el tipo de equipos involucrados y su mantenimiento, en las prácticas de operación como: la altura de descarga de los materiales desde las fajas, apilamientos, ocurrencia de derrames, la superficie expuesta, altura de las pilas de acopio, y las condiciones climáticas como la dirección y velocidad del viento u ocurrencia de precipitaciones.

Las partículas se corresponden tanto en partículas en estado sólido o líquido que se encuentran suspendidas en la atmósfera, si son emitidas o en el aire, están caracterizadas según fracciones de tamaño bien sea grandes o finas, correspondiendo al: MP-75 siendo el material particulado bajo 75 micrones, este puede ser transportado por el viento, el MP-10 que corresponde a 10 micrómetros de diámetro y que puede ser material de partículas respirables y el MP-2,5, los cuales pertenecen a partículas finas de 2,5 micrómetros de diámetro e incluso menores.

Cabe mencionar a los autores Martínez, Quero, Isidro y Rego (2010) los cuales destacan la diferencia de dos características relativas que hacen

mención al tamaño de las partículas de polvo. En primer lugar, que el polvo adquiere visibilidad desde dimensiones superiores a los 40 micrones, por otra parte que la acción tóxica del polvo se puede dar en cualquier nivel del sistema respiratorio.

En su mayoría las partículas con diámetro aerodinámico mayor de 5 μm se llegan a depositar en el área nasal y en los bronquios y tráquea, mientras que las partículas entre 2.5 y 5 μm se llegan a depositar en las regiones nasales y pulmonares, las de un diámetro menor a 2.5 se alojan en la zona de los pulmones. La mayoría de las partículas cuyo diámetro aerodinámico es mayor de 5 μm se depositan en las vías aéreas superiores fundamentalmente vía nasal, tráquea y bronquios, las partículas entre 2.5 y 5 μm se depositan en las regiones pulmonar y nasal y las partículas con diámetro aerodinámico menor de 2.5 μm se depositan en la región pulmonar. La exposición a emisiones de material particulado por largos periodos de tiempo y sin la protección necesaria pueden generar diversas enfermedades en el ser humano entre ellas una de las más importantes es la llamada silicosis, ocasionada por la inhalación de polvo fino menores a 10 micrones de sílice. La silicosis es una enfermedad profesional, se trata de una fibrosis pulmonar incurable y muchas veces progresiva, producida por la exposición a Sílice. Conlleva discapacidad permanente y pérdida de las expectativas de vida. Existen tres tipos de silicosis identificadas, estas son: Silicosis Crónica: Ocurre de 15 a 20 años de exposición moderada. Silicosis Acelerada: Ocurre de 5 a 10 años de exposición elevada. Silicosis Aguda: Ocurre en meses hasta 2 años”.

2.1.6 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. es una empresa minera que explota, procesa y comercializa mineral de hierro, desde sus yacimientos ubicados en la costa sur del Perú a aproximadamente 530 kilómetros de la ciudad de Lima, en el distrito de Marcona, provincia de Nazca en la Región Ica, de donde se obtienen concentrados de alta ley para la elaboración de nuestros productos. El complejo minero metalúrgico de SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. comprende 3 áreas:

2.1.6.1 Mina:

Con aproximadamente 150 km² de extensión, es el lugar donde se realizan permanentemente trabajos de exploración y de explotación de minerales bajo el sistema de tajo abierto; realizando perforaciones y disparos, para que luego las rocas mineralizadas sean transportadas por palas y camiones volquetes con capacidad de hasta 150 toneladas hasta las chancadoras, de donde luego del proceso de chancado, el mineral es apilado y posteriormente transportado a San Nicolás, mediante una faja de aproximadamente 15,3 kilómetros de largo y con una capacidad de 2000 toneladas por hora.

2.1.6.2 San Nicolás:

Es el área de beneficio, donde los minerales pasan por una serie de etapas hasta convertirse en uno de los productos que la Empresa comercializa; por esta razón, en esta área se puede encontrar las siguientes instalaciones: 1) Planta Chancadora: Donde el mineral es reducido en aproximadamente un 95% de su tamaño. 2) Planta de Separación Magnética: Aquí el mineral continúa con su proceso de molienda y concentración a través de ciclones, separación magnética y flotación, separando el mineral estéril (no utilizado en el proceso productivo) del mineral del hierro, el cual luego es dividido en dos tipos de productos, uno denominado concentrado de hierro de alta ley para la sinterización y el otro que sirve para alimentar la Planta de Peletización, luego de pasar por un proceso de filtración. 3) Planta de Filtros: En esta etapa se realizan las operaciones de espesamiento, homogenización y filtrado de la pulpa recibida de Magnética, dejando el mineral en condiciones adecuadas para ser transformado en Pélets. 4) Planta de Pélets: Donde el mineral es sometido a altas temperaturas para su transformación y luego ser almacenados y transferidos al Muelle de San Nicolás, desde donde es transportado a todo el mundo. 5) Muelle de San Nicolás: Con una extensión de aproximadamente 330 m, con la capacidad de recibir barcos de gran tonelaje, debido a la profundidad de sus aguas, además de ser un

puerto con más de 8 certificaciones internacionales, que le brindan el respaldo y seguridad a todos nuestros clientes.

2.1.6.3 San Juan:

Con una población de más de 16 mil habitantes, es donde se ubica el campamento minero y oficinas administrativas, que se encargan de controlar y velar por el correcto progreso de las operaciones e interrelaciones con los trabajadores, la comunidad en general y sus zonas de influencia, haciendo que la presencia de Shougang Hierro Perú S.A.A. en la Región Ica sea cada vez más beneficiosa para todos. Por otro lado, la Empresa cuenta con una sede descentralizada en la ciudad de Lima, donde se realizan los trámites administrativos con las entidades gubernamentales correspondientes, además de tener contacto con clientes y proveedores.

2.1.7 ALTERACIONES LOCALES EN LA COMPOSICIÓN DEL AIRE

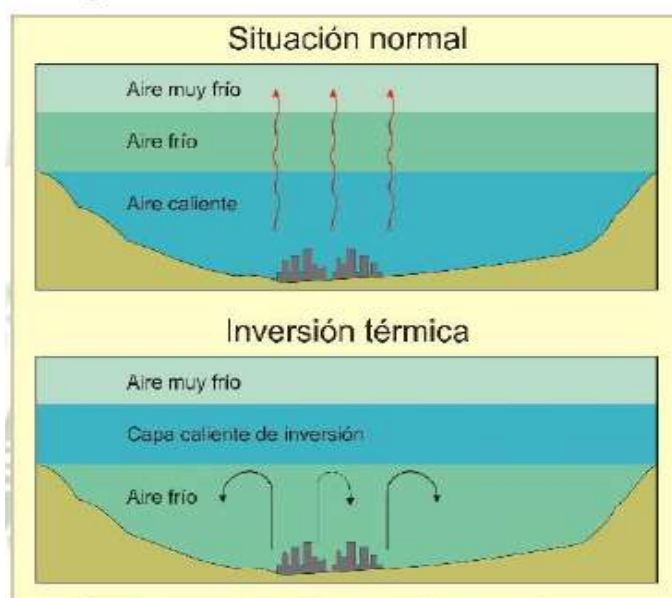
Hasta el momento los datos que se han aportado hacen referencia a la composición normal de la atmósfera, estos en teoría son bastante constantes ya que la dinámica de la atmósfera tiende a contrarrestar las diferencias locales que se puedan originar. Sin embargo, existen ciertos mecanismos que pueden beneficiar la formación de núcleos más o menos extensos de contaminación.

Los más importantes están relacionados con lo que ocurre en las capas superiores sobre las ciudades, lo que contribuye a enrarecer aún más la atmósfera urbana. Dos son los principales mecanismos que favorecen estas concentraciones de contaminación: la inversión térmica y la isla de calor. El fenómeno de inversión térmica se presenta cuando en las noches despejadas el suelo ha perdido calor por radiación, y las capas de aire cercanas a él se enfrían más rápidamente que las capas superiores, lo cual genera un gradiente positivo de temperatura con la altitud. La inversión térmica se presenta normalmente en las mañanas frías sobre los valles de escasa circulación de aire. A su vez se origina este fenómeno en las cuencas que se encuentran cercanas a las laderas de las montañas en las noches de menor temperatura, esto debido a que el aire frío de las laderas se encarga de

desplazar el aire caliente de la cuenca lo que origina el gradiente positivo de la temperatura. Esto genera que la inversión térmica rompa al calentar el suelo y emita nuevamente calor, este suceso restablece la circulación normal en la atmósfera.

Figura N° 5

Efecto de la inversión térmica



Fuente: Universidad de Castilla, 2010.

2.1.8 ATMOSFERA Y SALUD HUMANA

A pesar de que puede resultar un aspecto obvio, la característica más resaltante de la atmósfera es que esta resulta de vital importancia para el proceso de respiración de los seres vivos. Habiendo dicho esto, si se percibe una calidad baja en la atmósfera, y esta no cumple con ciertos estándares, se pueden producirse enfermedades incluso la muerte. Andrews (2014), plantea la siguiente pregunta: ¿cuáles son los factores primordiales que pueden afectar la salud? Y se han identificado factores como los gases, las sales y las partículas que afectan la calidad del aire.

Las partículas que llegan a la atmósfera constituyen lo que denominamos vulgarmente polvo en suspensión. Su efecto principal es el de oscurecimiento de la atmósfera, pero tiene o puede tener, en función de distintos parámetros, efectos notables sobre la salud de los que lo inhalan.

Hay dos cuestiones especialmente relevantes en este sentido: la granulometría de las partículas, y su composición. En lo que se refiere a la granulometría, las partículas de polvo pueden tener tamaños muy variables, en función de la energía que las sustenta. Esta energía puede ser un fuerte viento, o la fuerza de una erupción volcánica, o una voladura de rocas. En cualquier caso, las partículas de tamaños menores se mantienen sistemáticamente durante periodos de tiempo más largos que las mayores. Las más pequeñas tienen mayores “tiempos de residencia” en la atmósfera, aunque todas tienden a sedimentarse en cuanto la energía de sustentación disminuye lo suficiente o cesa. En concreto, las de tamaño inferior a 2.5 mm presentan los mayores tiempos de residencia, con diferencia respecto a las de mayor tamaño.

Esto hace que a menudo se estudie la distribución de estas partículas, que pueden tener procedencias remotas. Otra cuestión, que afecta especialmente a la salud, es que las partículas de tamaño inferior a 2.5 mm son capaces de alcanzar las zonas más profundas del sistema respiratorio (pulmones), mientras que las de tamaño mayor suelen quedar retenidas en el tracto respiratorio. Las menores, por tanto son susceptibles de causar mayores daños orgánicos.

Por otra parte, las partículas de estos tamaños menores se suelen originar casi exclusivamente por efecto de procesos de combustión, por lo que suelen ser partículas asociadas a contaminación industrial o urbana (Bartual y Berenguer, 2012). Las partículas de tamaños mayores tienen a depositarse con mayor facilidad, y se denominan partículas sedimentables. El principal problema que plantean es de suciedad, que puede combinarse con otros fenómenos, como puede ser su alteración en contacto con el agua, generando compuestos de mayor o menor toxicidad ambiental (Andrews, 2014, p.21).

Andrews (2014) define que ciertos asbestos pueden ocasionar problemas como asbestosis y la sílice puede producir la silicosis. En otros casos puede darse el caso de saturnismo, hidrargirismos causados por el plomo y el mercurio respectivamente. (p.27)

2.1.9 LÍMITES PERMISIBLES DE CONTAMINANTES AMBIENTALES EN EL AIRE

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire conocidos como ECA, son aquellos niveles de concentración máxima de los contaminantes del aire que debido a su condición de cuerpo receptor se recomienda no exceder para así evitar el riesgo que puede conllevar a la salud. Como estos estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios (D.S. 074-2001- PCM, 2001).

Los ECA son "referencia obligatoria en el diseño y aplicación de las políticas ambientales y de las políticas, planes y programas públicos en general. Ninguna autoridad judicial o administrativa podrá hacer uso de los estándares nacionales de calidad ambiental del aire, con el objeto de sancionar bajo forma alguna a personas jurídicas o naturales" (D.S. 013-2017-MINAM).

La EPA (Environmental Protection Agency de EE.UU.) ha realizado una propuesta de unos valores que son reconocidos y que se toman como referencia para realizar una definición de la calidad del aire exterior que se podrá utilizar para ventilar un edificio o una planta. (Bartual y Berenguer, 2012, p.41)

Esta agencia estableció dos tipos de niveles estándares para la calidad del aire, un estándar primario que se encarga de fijar los límites destinados a proteger la salud pública, esta incluye a la población más vulnerable como niños, ancianos y asmáticos, y los estándares secundarios que se encargan de fijar límites que buscan proteger el bienestar de la población, de los animales, la vegetación y edificaciones. Esto de acuerdo a (Bartusl y Berenguer, 2012, p.44).

Cuadro N° 4
Estándares nacionales de calidad ambiental del aire

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ^[1]
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ^[2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM

2.1.10 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Aguilar (2006), afirma que la contaminación del ambiente debe asumirse como la presencia en el ambiente de cualquier tipo de agente, bien sea de carácter físico, químico o biológico e incluso de la combinación de distintos agentes en lugares, formas y concentraciones que constituyan un agente nocivo para la salud o el bienestar de la población o el mundo vegetal o animal.

También lo define como la incorporación de los cuerpos receptores de sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso, o una mezcla de estos que alteren las condiciones naturales del ambiente o que generen una alteración en la salud o el bienestar del público.

Complementando la definición anterior, Campos (2003) manifiesta que existen dos conceptos de contaminación. El primero se refiere a la presencia de sustancias extrañas al medio ambiente que ocasionan alteraciones en su estructura y funcionamiento. El segundo se refiere a la alteración de los factores bióticos (que son las sustancias orgánicas y los seres vivos) o abióticos (aire, agua, minerales) del medio ambiente, debido a la descarga o emisión de desechos sólidos, líquidos o gaseosos.

Como explica la autora anterior, la contaminación altera al medio ambiente, ocasionando daños graves y nocivos a los seres vivos que habitan en él y a los elementos naturales que se encuentran establecidos también dentro del ambiente. La descarga de desechos sólidos, como basura, o químicos afectan terriblemente al ambiente, sin mencionar los desechos líquidos y gaseosos que afectan aún más. El medio ambiente no está diseñado para recibir cantidades grandes de contaminantes, por lo que cada vez que hay contaminación ambiental, sea o no en poca cantidad, el daño es irreversible e irreparable.

Con respecto a esto, la Organización de Naciones Unidas (ONU), creó el (PNUMA) Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente que se encarga de promover actividades relacionadas con el medio ambiente para así crear conciencia sobre el cuidado del medio ambiente. Esta Organización con el mencionado programa también busca lograr el desarrollo sostenible, o sea lograr el mayor desarrollo de los pueblos sin poner en peligro el medio ambiente. De la misma manera, este programa ayudó a negociar tratados y convenios como el Convenio de Viena sobre la Protección de la Capa de Ozono, de 1985, así como el Protocolo de Montreal, de 1987, los cuales ayudan a regular los contaminantes que afectan la capa de ozono. También en materia de medio ambiente, está la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (firmado en la Cumbre del Río de 1992), en la que los países desarrollados, quienes son responsables de la mayoría de las emisiones anuales de bióxido de carbono en el mundo, se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Luego de esto se logró un acuerdo más estricto, conocido como Protocolo de Kyoto.

Por lo anterior, se concluye que la contaminación ambiental es uno de los problemas más serios que hoy en día existen a nivel mundial, y que está en la mira de muchos Estados, pero que es bastante difícil controlarla ya que desde la época prehistórica, la contaminación ha progresado con el tiempo y tratar de prevenir o evitar algo que ya dejó su marca como elemento dañino al medio ambiente es un trabajo que toma mucha dedicación y colaboración por parte de los Estados, empresarios y sociedad en general.

2.1.11 TIPOS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

2.1.11.1 Contaminación del agua:

El agua es uno de los recursos fundamentales para la vida humana y por esta razón su contaminación nos afecta directamente a nosotros. Se denomina contaminación de agua cuando esta no puede utilizarse para su fin al que se le iba a dar, cuando se altera su composición o sus propiedades y ya no se puede usar para uso diario. Para evitar el uso de agua contaminada los países implementan leyes y normas contra la contaminación, pero lamentablemente a pesar de las normas siempre existen quienes las rompen. (Noel, 2014, p.26).

2.1.11.2 Contaminación del aire:

Consiste en la emisión de gases tóxicos al aire lo cual puede provocar diversas enfermedades y síntomas en los cuales se encuentran los problemas respiratorios. Pero la contaminación del aire no nos afecta solo a las personas sino también a la flora, fauna, capa de ozono y hasta a los edificios (Noel, 2014, p.29).

2.1.11.3 Contaminación del suelo:

Consiste en el esparcimiento del suelo mediante productos químicos elaborados por el hombre, al contaminar el suelo, contaminamos todo lo que se encuentra en él, el problema también está que si el agua toma contacto con el suelo esta se contaminara y ya no se podrá beber (Noel, 2014).

2.1.11.4 Contaminación radiactiva:

Se produce por emisión de ondas radioactivas de sustancias artificiales o naturales, estas son muy peligrosas, ya que puede causar degeneraciones genéticas, tanto en el hombre como en los animales, las más peligrosas son las sustancias químicas liberadas en la capa de ozono, estas por acción del clima y el viento se transforman en lluvia y caen al suelo contaminándolo a él, a todas las plantas y al agua, cualquier animal que coma o beba de estas estará contaminado (Noel, 2014, p.31).

2.1.12 PASIVOS AMBIENTALES DE LA MINERÍA

En la actualidad, en el Perú se puede ver que la minería ha generado consecuencias positivas para el crecimiento económico, pero también ha acarreado diversos problemas en los trabajadores de las minas, en la población cercana al lugar y en el medio ambiente, esto debido a que al ser una actividad riesgosa y no contar con el apoyo del Gobierno para situaciones de emergencia, pueden afectar la salud de quienes se encuentran en contacto con este tipo de labores. Por otro lado, en el medio ambiente, se produce un desequilibrio ecológico que afecta a los seres vivos (Minera Yanacocha, 2016).

2.1.12.1 Consecuencias ambientales:

La industria minera produce contaminantes potenciales que afectan al agua y al aire. En el medio natural los excesos pueden generarse por drenajes de agua de minas, de desmontes o de relaves mineros. Algunos metales, como cadmio y mercurio, y metaloides como antimonio o arsénico, los cuales son muy comunes en pequeñas cantidades en depósitos metálicos son altamente tóxicos, aun en pequeñas cantidades, particularmente en forma soluble, la cual puede ser absorbida por los organismos vivos. La contaminación en el aire se manifiesta a través de polvos y gases contaminantes. El polvo procede de la descarga de mineral y desmonte en camiones, ferrocarriles, tal vez, fajas transportadoras, etc. Por otro lado, los contaminantes gaseosos

pueden ser partículas sólidas en suspensión y emanaciones gaseosas, siendo el más significativo el dióxido de azufre (Minera Yanacocha, 2016). Existen numerosos conflictos entre las comunidades y las empresas por el control y acceso a los recursos, como la tierra y el agua. Con la aplicación por cinco años (1997 al 2002) de los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) las empresas mineras pretendieron poner fin a estos conflictos, sin embargo, no se han obtenido resultados satisfactorios hasta la fecha (Minera Yanacocha, 2016). Según Herrera y Millones (2011) en el sector minero, el uso total de agua es de 207'000.000 metros cúbicos por día para las 257 plantas (de las cuales 164 se ubican en la vertiente del Pacífico) que procesan 120'111.959 toneladas métricas de material por día. El índice de mayor afectación por las descargas de relaves está en las cuencas de los ríos Mantaro, Acarí, Locumba, Cañeta y Moche. En el caso del Mantaro, el consumo de estas aguas ha provocado miles de muertes de animales y la pérdida del suelo de cultivo, causando daños a la precaria economía de las comunidades. Este río actualmente solo sirve como colector de desagües de 21 plantas concentradoras que arrojan 45 millones de metros cúbicos de relaves mineros al año, dando como resultado uno de los ríos más contaminados del Perú (Minera Yanacocha, 2016). Otro ejemplo es el de la Reserva Nacional del Chinchaycocha, en donde la contaminación ha conllevado la desaparición de flora y fauna y ha puesto en peligro de extinción a la especie endémica “El Zambullidor de Junín” y otras especies de aves que anidan en el lago (Minera Yanacocha, 2016).

2.1.12.2 Consecuencias sociales:

Las enormes expectativas que genera en los territorios de las comunidades y pueblos la llegada de la minería, están cifradas básicamente en el supuesto mejoramiento del nivel de vida de sus habitantes, por ello muchos no dudan en respaldarla y

entregar sus tierras, pero al poco tiempo son ellas mismas las que muestran su desaliento y rechazo por efectos dañinos que la actividad les ocasiona. Sus tierras se ven rápidamente afectadas por la contaminación, el despojo por parte de las empresas mineras y el conflicto por el acceso al agua. También la falta del empleo prometido, la adquisición de insumos y productos fuera de la localidad y la elevación del costo de vida, no contribuyen al desarrollo de la zona minera. La mayoría de los pueblos y regiones con actividad minera se han empobrecido (Minera Yanacocha, 2016). Annete Salís, en su investigación, afirma que “en la mayoría de los casos, la población rural, creciente y empobrecida, sobre explota los recursos naturales como una estrategia de supervivencia de corto plazo [...] la pobreza se presenta más allá de las áreas ambientalmente críticas, mientras que los daños ambientales de mayor envergadura son producto no de la pobreza sino de ciertas lógicas (dentro del modelo primario exportador en boga) de explotación del medio, considerado como un bien de acceso libre” (Minera Yanacocha, 2016). En cuanto a los problemas sociales que la minería trae consigo, podríamos citar que tras de ella vienen los bares, las cantinas, las casa de cita, la delincuencia y la prostitución, ejemplos de los males que van de la mano con las actividades mineras, impactando negativamente en la cultura de los pueblos. Este es un pasivo que no tiene precio (Minera Yanacocha, 2016) Producto de estos descontentos, la población reacciona ante estos problemas generando protestas y huelgas en las cuales manifiestan que no solo maltratan a las comunidades campesinas, sino también a sus trabajadores (Minera Yanacocha, 2016).

2.1.13 EMISIONES MINERAS A LA ATMOSFERA

La actividad minera produce un conjunto de emisiones en la atmósfera, manifestándose en distintas formas, de manera sólida (obedeciendo al polvo generado por las voladuras y las cargas y el transporte), los gases

ocasionados por la piro metalurgia, por los escapes de automóviles y por gases que se liberan durante algunos procedimientos, por ruidos originados por maquinarias y por ondas aéreas.

2.1.13.1 Emisiones solidas:

El polvo emitido por la minería tiene su origen en la disgregación de las rocas durante su preparación, o en el levantamiento de partículas de los caminos durante los procesos de transporte (camiones pesados). En el primer caso, el origen del polvo a su vez puede ser variado: Puede ser producido durante una voladura. A su vez, si procede de minería subterránea, se emitirá a la atmósfera a partir de uno o varios puntos definidos: las chimeneas de ventilación y los pozos de circulación de aire. Si procede de explotaciones a cielo abierto, provendrá de todo un frente de explotación, más o menos extenso (decenas de metros de longitud). En cualquier caso, es prácticamente imposible evitar su emisión, puesto que afectará, por principio básico, a roca seca, sin posibilidad de un humedecimiento rápido que evite la dispersión. Solo en la minería subterránea podría evitarse su salida, mediante filtros en los puntos de salida. Desafortunadamente tales filtros tienden a ser evitados para favorecer la rapidez de la limpieza del polvo generado en el interior de la mina durante la voladura. La composición de este polvo será la misma que la de la roca volada, con lo que a menudo se tratará de roca con componentes minerales “problemáticos”, conteniendo minerales oxidables, con metales pesados, etc. Puede ser el polvo generado durante el proceso de carga. En este caso puede ser más sencillo su retención, simplemente mediante el regado de los frentes de carga durante el proceso. La composición es la misma que en el caso anterior, es decir, la correspondiente a la de la mineralización y/o su roca de caja. Otra posibilidad corresponde al polvo generado durante el proceso de transporte, en su doble vertiente de polvo que

pueda escaparse del elemento de transporte (camión o faja transportadora, fundamentalmente) y polvo levantado por el medio de transporte (solo en el caso de los camiones). En el caso de los camiones, se produce una mezcla entre partículas procedentes del yacimiento y las procedentes de la pista, aunque en ambos casos es relativamente sencillo evitar parcialmente el problema, cubriendo adecuadamente la caja del camión (problemático en los de mayores dimensiones), o regando la carga, así como mediante el riego continuo de la pista de rodadura. En el caso de las fajas transportadoras, hay que trabajar también con material humedecido, o recurrir a instalaciones de mayor coste, cerradas para evitar los escapes de polvo. Otra fuente muy importante de polvo son los procesos de molienda. Aquí es fundamental disponer de una instalación adecuada que evite en lo posible los escapes de polvo, puesto que no suele ser posible trabajar con material húmedo, al menos en las instalaciones convencionales.

2.1.14 MONITOREO AMBIENTAL

El monitoreo ambiental se realiza a efectos de medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente, así como el estado de conservación de los recursos naturales (OEFA, 2014).

2.1.14.1 Criterios de ubicación de estaciones meteorológicas:

El Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones para el Subsector Minería, publicado por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM) del MINEM, establece algunas reglas de carácter general para la ubicación de las estaciones de monitoreo. La estación debe ubicarse en un lugar accesible, totalmente descubierto y alejado de edificios, árboles, etc. La superficie no necesariamente tiene que estar cubierta de pasto u otro tipo de vegetación, pero debe asemejarse a las superficies predominantes en la región, por ejemplo suelo desnudo, cultivos agrícolas, y ser representativa de las mismas. La estación de monitoreo debe ser accesible, pero segura. En la mayor

parte de casos, las estaciones de monitoreo deberán ser protegidas contra robos o actos de vandalismo mediante cercos u otros mecanismos de seguridad.

2.1.14.2 Monitoreo de exposición ocupacional:

Los riesgos para la salud asociados a las actividades laborales en los ambientes de trabajo son prevenibles, sin embargo para una efectiva protección se requiere identificar y medir la presencia de éstos, así como otros factores determinantes de enfermedad, a fin de generar un diagnóstico correcto y completo que permita adoptar decisiones oportunas y efectivas. En los procesos productivos existen múltiples contaminantes del ambiente laboral que actúan como factores de riesgo y que pueden incidir negativamente en la salud de los individuos que entran en contacto. Entre estos revisten especial importancia los agentes de origen químico, físico y biológico. Genéricamente, se ha definido exposición como el contacto en el tiempo y el espacio entre una persona y uno o más agentes biológicos, químicos o físicos. El concepto de exposición depende de una serie de parámetros a considerar, por lo tanto al momento de evaluar exposición se deben considerar estos aspectos. En términos de salud ocupacional, se define exposición como el acto o condición de estar por razones de trabajo, en contacto dérmico, por inhalación o ingestión, con uno o una mezcla de estos agentes contaminantes, en un lugar y durante un período de tiempo determinado. La evaluación de la exposición en una determinada población trabajadora, corresponde a la medición de la intensidad y/o duración y frecuencia del contacto del individuo con un agente nocivo específico, se utiliza para caracterizar el riesgo de un individuo u grupo de individuos expuestos. La evaluación de la exposición en diferentes ambientes laboral implica identificar y evaluar los agentes que pueden entrar en contacto con los trabajadores y analizar diferentes aspectos del proceso que determina el contacto. (Henao, 2010, p.17).

2.1.14.3 Índices de exposición:

Estos índices son la representación de la cantidad del agente contaminante presente en el ambiente o en el aire que se inhala y la cantidad que puede ingresar realmente al organismo al respirar o a través de otras vías como la ingesta. La dosis se encarga de reflejar la cantidad de la sustancia que ha sido inhalado o administrada, sin embargo resulta complejo realizar una evaluación de la relación exposición-efecto en el lugar de trabajo pues hay una relación complicada no lineal entre los factores exposición y dosis. Para los gases es posible hacer la estimación de la concentración atmosférica del agente durante la jornada de trabajo y la cantidad de aire inhalado, para los polvos o material particulado es necesario considerar el tamaño de las partículas y su deposición. De acuerdo a Henao (2010, p.21), una demostración de la aplicación del estudio cuantitativo de la exposición retrospectiva es la aplicación de este en la epidemiología del cáncer, mientras otros estudios emplean evaluaciones de carácter retrospectivo y prospectivos.

Cuadro N° 5
Estándares nacionales de calidad ambiental del aire

AGENTES		FUENTES	
- Biológicos	- Únicos	- Antropogénicos / No Antropogénicos	
- Químicos	- Múltiples	- De área / Puntuales	
- Físicos	- Mixtos	- Estacionarias / Móviles	
TRANSPORTE / MEDIO DE TRANSPORTE		VÍAS DE EXPOSICIÓN	
- Aire	- Polvo	- A través del alimento	
- Agua	- Alimentos	- A través de la respiración	
- Suelos	- Productos	- Contacto con suspensiones contaminadas	
CONCENTRACIÓN		RUTA DE EXPOSICIÓN	
- mg/Kg. (alimentos)	- μcm^2 (suspendidas contaminadas)	- Inhalación	- Dérmica
- mg/L (agua)	- % en peso (ingesta)	- Ingestión	- Múltiples rutas
- μm^3 (aire)	- Fibras/ m^3 (aire)		
DURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN		FRECUENCIA DE LA EXPOSICIÓN	
- Segundos	- Semanas	- Continua	- Aleatoria
- Minutos	- Meses	- Intermitente	- Rara
- Horas	- Años	- Cíclica	
- Días	- Toda la vida		
ESCENARIO DE EXPOSICIÓN		POBLACIÓN EXPUESTA	
- Ocupacional / No ocupacional		- Población General	
- Residencial / No residencial		- Subgrupos poblacionales	
- Interiores / Exteriores		- Individuos	
ALCANCE GEOGRÁFICO		MARCO TEMPORAL	
- Sitio / fuente específica	- Nacional	- Pasada	- Futura
- Local	- Internacional	- Presente	- De tendencia
- Regional	- Global		

Fuente: Sexton, 1995.

2.1.15 SALUD OCUPACIONAL

Henao (2010), define la salud ocupacional como aquella que se conforma por tres ramas, las cuales son las siguientes: la medicina del trabajo, higiene y seguridad industrial. Como Henao define, mediante la salud ocupacional se busca mejorar y mantener la calidad de vida y la salud de los empleados, así como servir de instrumento y herramienta para garantizar la calidad, la productividad y la eficiencia de las empresa (p. 32) La Organización Internacional del Trabajo la define como: “El conjunto de actividades multidisciplinarias encaminadas a la promoción, educación, prevención, control, recuperación y rehabilitación de los trabajadores, para protegerlos de los riesgos de su ocupación y ubicarlos en un ambiente de

trabajo de acuerdo con sus condiciones fisiológicas y psicológicas” (Henao, 2010).

2.1.16 POLÍTICA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

La dirección de la organización debe definir y aprobar una política que establezca los objetivos globales de seguridad y salud, así como el compromiso explícito de mejorar el desempeño de sus acciones, tomando en cuenta la naturaleza y magnitud de sus riesgos y el cumplimiento mínimo de la legislación y otros requisitos que la organización suscriba.

La política en su contenido establece los objetivos que la organización busca con el sistema de gestión:

- Ser apropiada con la naturaleza, visión, misión, objetivos y escala de riesgos de los trabajadores.
- Incluir explícitamente un compromiso de mejora continuo.
- Cumplir con la legislación vigente aplicable de seguridad y salud ocupacional.
- Estar documentada, y revisada periódicamente para verificar su cumplimiento.
- Comunicarse a todos los empleados de la organización para que tomen conciencia de sus obligaciones.
- Ser revisada periódicamente para asegurar que mantiene la relevancia y características apropiadas para la organización.

2.1.17 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MITIGACIÓN DE POLVOS EN PLANTA DE CHANCADO N° 1 - SAN NICOLAS

La monitorización del ambiente se ejecuta con efectos de poder realizar una medición de la presencia y la concentración de agentes contaminantes en la atmósfera, así como el estado de la conservación de los recursos naturales (OEFA, 2014).

Generalidades: Dentro del plan de mejoras del proceso productivo y su compromiso con el medio ambiente, la empresa SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A. ha dispuesto la ejecución del proyecto implementación del sistema de mitigación de polvos en plantas de chancado 1 - San Nicolás.

Objetivo: Es mitigar los efectos negativos creados en el ambiente originados por las actividades de operación que ocasionan polución, de modo tal que nos permita cumplir con las normativas de medio ambiente.

Ubicación: La ejecución del proyecto, se encuentra ubicado en las instalaciones de la Planta 1 San Nicolás, dentro el complejo Metalúrgico de Shougang Hierro Perú S.A.A., el mismo que se encuentra en Distrito de San Juan de Marcona, Provincia de Nazca, Departamento de Ica a 503 Km. al Sur de la ciudad de Lima, así tenemos:

- Altitud sobre el nivel del mar 83.5 m.s.n.m.
- Temperatura máxima del aire 32°C
- Temperatura mínima del aire 18°C
- Humedad relativa 95%
- Atmosfera Salina

Alcances del proyecto: El presente proyecto consiste en implementar en la planta de Chancado 1 – San Nicolás, nuevos Sistemas de Colección de Polvo, tipo mangas, con sistemas automáticos de decantación, entre otros, los cuales han sido suministrados por la Empresa China Shougang International Trade and Engineering Corp; para la implementación de dicho sistema se ha contratado a empresas contratistas, para la ejecución de Obras Preliminares, Obras Civiles y Obras Electromecánicas.

El alcance del proyecto contempla la colección de polvos en Planta de Chancado N° 1 (Línea 1) y torre de zarandas, en Planta Chancadora San Nicolás.

Descripción del proyecto: La ejecución del proyecto “Implementación del sistema de mitigación de polvos en plantas de chancado 1 - San Nicolás”, consiste en:

Dicho sistema de Mitigación estará constituido por:

- Instalación de ductos colectores, campanas de extracción y soportes metálicos desde Línea 1 y torre de zarandas.
- Montaje de precipitador.
- Instalación de transportadores de colección de finos
- Montaje de ventilador.
- Montaje de chimenea.
- Construcción de Pozas de Humidificación.

- Montaje e instalación de Compresora
- Montaje e instalación de tanque pulmón para almacenamiento de aire de 3m³.
- Montaje de línea de inyección de aire para limpieza de filtros.
- Instalación de sistemas de apertura, control y equipos auxiliares.
- Montaje e instalación del equipamiento Eléctrico en Media Tensión (celdas y/o arrancadores en 4.16 kV) y en Baja Tensión (440V, 220V, 120V)
- Montaje e instalación de infraestructura eléctrica y sistemas de canalización (bandejas y conduits), para alimentación eléctrica y control de los diferentes equipos electromecánicos.
- instalación de sistema eléctrico de fuerza, instrumentación, automatización y de control en general.
- Construcción de Sub Estación eléctrica, completamente equipada.
- Entre otros.

2.1.18 MARCOS CONCEPTUALES O GLOSARIO

- **Concentración media aritmética anual:** es la concentración obtenida al dividir la suma de los valores calculados para la concentración media aritmética diaria entre el número de días en que efectivamente se realizaron estas mediciones. Para tal efecto se tendrá en consideración la duración del año calendario.
- **Concentración media aritmética diaria:** es la concentración obtenida al dividir la suma de las concentraciones medidas durante 24 horas entre el número de mediciones efectuadas. Para éste efecto las muestras se tomarán en 16 horas como mínimo.
- **Concentración media geométrica anual:** es la concentración obtenida de extraer la raíz enésima (n es el número de valores calculados para la concentración media aritmética diaria) del producto de las concentraciones medias aritméticas.
- **Estación de Monitoreo:** área en el que se ubican los equipos de monitoreo, definida en el EIA o PAMA y aprobada por la Autoridad Competente, establecida para la medición de la calidad del aire, de

acuerdo a los criterios establecidos en el Protocolo de Calidad de Aire y Emisiones, para el Sub-Sector Minería.

- **Masa de Partículas Inhalable MPI:** conocida como inspirable, corresponde a aquellas partículas que se inhalan y resultan peligrosas cuando se depositan en cualquier parte del tracto respiratorio.
- **Masa de Partículas Respirable MPR:** abarca a las partículas que penetran a través de los bronquiólos terminales y que son peligrosas si se depositan dentro de la región de intercambio de gases de los pulmones.
- **Masa de Partículas Torácica MPT:** está constituida por material particulado que penetra en la laringe y es peligrosa al depositarse en cualquier parte del tórax.
- **Neumoconiosis:** es un conjunto de enfermedades pulmonares producidas por la inhalación de polvo y la consecuente deposición de residuos sólidos inorgánicos con menos frecuencia partículas orgánicas en los bronquios, los ganglios linfáticos y o el parénquima pulmonar, con o sin disfunción respiratoria asociada.
- **Partículas:** son los sólidos sedimentables y en suspensión emitidos desde un punto de control.
- **Partículas en Suspensión:** son las partículas con diámetro aerodinámico inferior a 10 micras.
- **Polvo:** es un material sólido finamente dividido, el cual, dependiendo del tamaño de sus partículas, de su concentración y su composición, puede constituir un peligro tanto para la salud del personal como la seguridad de la operación en lo que se refiere a visibilidad entre otros.
- **Punto de Control:** ubicación definida en el EIA o PAMA y aprobada por la Autoridad Competente, establecida para la medición de las emisiones, de acuerdo a los criterios establecidos en el Protocolo de Calidad de Aire y Emisiones, para el Sub-Sector Minería.
- **Siderosis:** es el depósito de hierro en los tejidos. El hierro en exceso es tóxico reacciona con peróxido y produce radicales. Puede dar lugar a envenenamiento, se acumula en el hígado y provoca daños en este órgano.
- **Silicosis:** es la neumoconiosis producida por inhalación de partículas de sílice, entendiendo por neumoconiosis la enfermedad ocasionada por

depósito de polvo en los pulmones con una reacción patológica frente al mismo, especialmente de tipo fibroso.

- **Valor Límite Permisible - Exposición de Corta Duración (TLV - STEL):** es el valor de referencia para la Exposición de Corta Duración (STEL). el TLV - STEL no debe ser superado por ninguna STEL a lo largo de la jornada laboral. Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el TLV-STEL constituye un complemento del TLV - TWA y, por tanto, la exposición a estos agentes se valorarán vinculando ambos límites. Las exposiciones por encima del TLV-TWA hasta el valor STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango.
- **Valor Límite Permisible - Media Ponderada en el Tiempo (TLV - TWA):** es el valor de referencia para la Media Ponderada en el Tiempo (TWA), Los TLV-TWA representan las condiciones en las cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos a su salud.
- **Valor Límite Permisible - Techo (TLV - Ceiling) ó TLV-C:** es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el período de trabajo. En caso que no sea posible realizar una medida instantánea, el TLV-C se puede fijar cuando las exposiciones son cortas mediante muestreos durante 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que puedan causar irritación de inmediato.

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPOTESIS GENERAL

El Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro será eficiente para la reducir la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable de 2.2 mg/m^3 y de 13 mg/m^3 de polvo inhalable, además para controlar los límites máximos permisibles de calidad ambiental de $500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

3.2. HIPOTESIS ESPECÍFICA

- Se ajustará los límites permisibles de 3 mg/m^3 para polvo respirable en los monitoreos de exposición ocupacional a partículas suspendidas a los trabajadores de Planta Chancadora.
- Se ajustará los límites permisibles de 10 mg/m^3 para polvo inhalables en los monitoreos personales de exposición ocupacional a partículas suspendidas a los trabajadores de Planta Chancadora.
- Se reducirá el límite máximo permisible para la calidad de aire de $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en la Planta Chancadora durante los monitoreos de calidad ambiental utilizando el equipo PM-10.

3.3. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- Variable Independiente:
 - Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro.
- Variable Dependiente:
 - Polución ambiental.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Independiente: Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro	El Sistema de mitigación en la Planta de Chancado, está compuesto por colectores o extractores de polvo, localizada lo que significa que sus campanas de captación están ubicadas y diseñadas para captar el polvo inducido en los principales sectores donde se generan emisiones de material particulado como son, tolvas de transferencia, chutes de descarga y fajas transportadoras.	Polvo de mineral	Composición química del mineral de hierro Tamaño de partículas del chancado primario Tamaño de partículas del chancado secundario Densidad relativa Humedad Composición química de minerales
		Sistema de mitigación	Velocidad de succión Diámetro de tuberías Capacidad del motor de generación de aire para succión de polvo Capacidad de almacenaje de las tolvas
Dependiente: Polución ambiental	Es la disminución de la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar del trabajador o de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal.	Contaminación en el medio ambiente	Deterioro de la calidad del aire Deterioro de la calidad del agua superficial Deterioro de la calidad de suelo orgánico
		Contaminación en la biota	Afección en la flora. Afección en la fauna.
		Contaminación en el ser humano	Disturbios nerviosos Disturbios respiratorios Disturbios renales Disturbios digestivos

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	Metodología
¿En qué medida la implementación del sistema de mitigación de polvo en la planta chancadora del área beneficio San Nicolás permite cumplir con los límites máximos permisibles de polución ambiental y de exposición ocupacional en la Planta Chancadora?	Minimizar la polución ambiental y exposición ocupacional a agentes químicos mediante el sistema de mitigación de polvo de hierro en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.	El Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro será eficiente para la reducir la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable de 3.2 mg/m^3 y de 13 mg/m^3 de polvo inhalable, además para controlar los límites máximos permisible de calidad ambiental de $500 \mu\text{g/m}^3$.	Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro	<ul style="list-style-type: none"> - Polvo de mineral - Sistema de mitigación 	<p>Tipo: de tipo aplicada. Diseño: de tipo experimental en la modalidad de pre-experimento.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> G.E.: x 0 </div> <p>Población: Personal expuesto a los polvos o materiales particulado generados en la Planta de Chancado Secundario, equivalente a 15 trabajadores.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especifica	Variable Dependiente	Dimensiones	Muestra:
<ul style="list-style-type: none"> - ¿Seguirá el incremento de registros de enfermedades ocupacionales como la neumoconiosis o la siderosis especialmente en los trabajadores de la Planta Chancadora de San Nicolás? - ¿Reducirán los registros de monitoreos de exposición personal 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el Sistema de Mitigación de polvo instalado en la Planta Chancadora, San Nicolás. - Analizar la reducción la exposición del personal en el interior de Planta Chancadora al material particulado no excediendo los 3 mg/m^3 y 10 mg/m^3 de 	<ul style="list-style-type: none"> - Se ajustará los límites permisibles de 3 mg/m^3 para polvo respirable en los monitoreos de exposición ocupacional a partículas suspendidas a los trabajadores de Planta Chancadora. - Se ajustará los límites permisibles de 10 mg/m^3 para polvo inhalables en los 	Polución ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación en el medio ambiente - Contaminación en la biota - Contaminación en el ser humano 	<p>Muestra: Se trabajará con el mismo número de trabajadores de la población.</p> <p>Técnicas: Monitoreo ambiental, monitoreos personales de polvo respirable e inhalables con bombas scort MSA, estación meteorológica, mapas de riesgo y matrices IPERC de línea base y encuestas.</p>

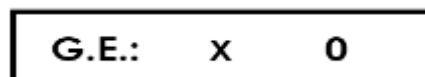
<p>ocupacional de los trabajadores de Planta Chancadora, al material particulado que superan los límites permisibles de 3 mg/m^3 para polvo respirable?</p> <p>- ¿Reducirán los registros de monitoreos personales de exposición personal ocupacional superan los 10 mg/m^3, excediendo los límites máximos para polvo inhalable?</p> <p>- ¿Se logrará mejorar los valores elevados de los límites máximos permisibles de calidad ambiental, registrado por el equipo PM-10 durante los monitoreos de calidad de aire que superan los $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en la Planta Chancadora?</p>	<p>polvo respirable e inhalable respectivamente. Analizar la reducción de la exposición del límite máximo permisible para la calidad de aire de $500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en las instalaciones de Planta Chancadora. Demostrar el índice de reducción de registro de enfermedades ocupacionales en los trabajadores de Planta Chancadora.</p>	<p>monitoreos personales de exposición ocupacional a partículas suspendidas a los trabajadores de Planta Chancadora.</p> <p>- Se reducirá el límite máximo permisible para la calidad de aire de $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en la planta chancadora durante los monitoreos de calidad ambiental utilizando el equipo PM-10.</p>			<p>Método de análisis de datos:</p> <p>Se ha empleado: estadística descriptiva e inferencial, análisis paramétricos: t de student de una media, cuadros unitarios o resúmenes, graficas comparativas o promediadas y lógica.</p>
--	---	--	--	--	---

IV. METODOLOGÍA

4.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, por cuanto su finalidad ha consistido en determinar como el sistema de mitigación de polvo en la Planta Chancadora del Área de San Nicolás produce efectos positivos o cierta influencia en la minimización de la polución ambiental y exposición ocupacional. Al respecto, Carrasco (2006) sostiene que la investigación aplicada, guarda íntima relación con la básica, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) las características del estudio determina el diseño de investigación. Al respecto, al presente le corresponde un diseño de investigación de naturaleza preexperimental, puesto que se ha trabajado con un solo grupo de estudio para demostrar la relación de causalidad entre las variables de estudio (sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro y polución ambiental). El siguiente esquema corresponde a este tipo de diseño:



En donde:

G.E. = Grupo experimental

X = Estimulo experimental (Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro)

O = Evaluación pos test del grupo experimental (minimización de la polución ambiental)

4.2. UNIDAD DE ANALISIS

La unidad de análisis ha sido Planta de Chancado San Nicolás; donde se requiere monitoreos de exposición personal y ambiental.

4.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Personal expuesto a los polvos o materiales particulado generados en la Planta de Chancado Secundario, equivalente a 15 trabajadores.

4.4. TAMAÑO DE MUESTRA

Se ha monitoreado al personal que labora en el interior de la Planta de Chancado, esto incluye al personal de mantenimiento mecánicos, eléctrico y operadores de Equipos de Planta. El punto de monitoreo mensual con los equipos instalados PM10 en lugares estratégicos aprobados por el PAMA.

4.5. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La selección de la muestra se ha realizado en forma paulatina iniciando por personas de mayor exposición a menor exposición. Se registró cada monitoreo y se ha determinado la comparación con registros anteriores.

4.6. TÉCNICA DE COLECCIÓN DE DATOS

- **Monitoreo Ambiental PM10:** para evaluar las pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro es menor que 10 μm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).
- **Monitoreos personales de polvo respirable e inhalables con bombas scort MSA:** es el estudio tiene que tiene por objeto comparar la metodología de muestreo NIOSH para hallar la concentración de polvo respirable en el puesto de trabajo (método 0600, que se refiere a Partículas no regulables Respirable).
- **Estación Meteorológica:** es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.
- **Mapas de riesgo:** mapa de Planta Chancadora con la identificación de señales de advertencia, informativas, obligatoriedad y contra incendios.

- **Matrices IPERC de línea base:** matriz de Identificación de Peligros, evaluación de riesgos y controles.
- Reporte de condiciones subestandar
- Cámara fotográfica
- Balanza digital
- Encuesta a los trabajadores.

4.7. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Para el análisis y la interpretación de la información resultante de los datos obtenidos durante el desarrollo e investigación de la tesis se ha utilizado herramientas como:

- Estadística: descriptiva e inferencial.
- Análisis paramétricos: prueba t - student de una media.
- Cuadros unitarios o resúmenes.
- Graficas comparativas o promediadas.
- Lógica.

V. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LA VARIABLE DEPENDIENTE

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la evaluación post test al medir la variable dependiente: Polución ambiental; mediante un cuestionario aplicado a los 15 trabajadores que desarrollan sus labores en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., con el fin de conocer a través de este cuestionario la disminución de la polución ambiental en ese sector desde la perspectiva del trabajador. Para tal efecto, este cuestionario mide las siguientes dimensiones:

- Dimensión 1: Contaminación en el medio ambiente (6 ítems)
- Dimensión 2: Contaminación en la biota (6 ítems)
- Dimensión 3: Contaminación en el ser humano (6 ítems)

El cuestionario aplicado contiene un total 18 ítems y cuyas respuestas tienen la siguiente valoración:

Alternativa	Puntuación
No	0 punto
Si	1 punto

Asimismo, para la interpretación cualitativa de los resultados se propone la siguiente estandarización de categorías y rangos, tomando en cuenta las dimensiones de la variable dependiente:

Cuadro N° 6
Polución ambiental

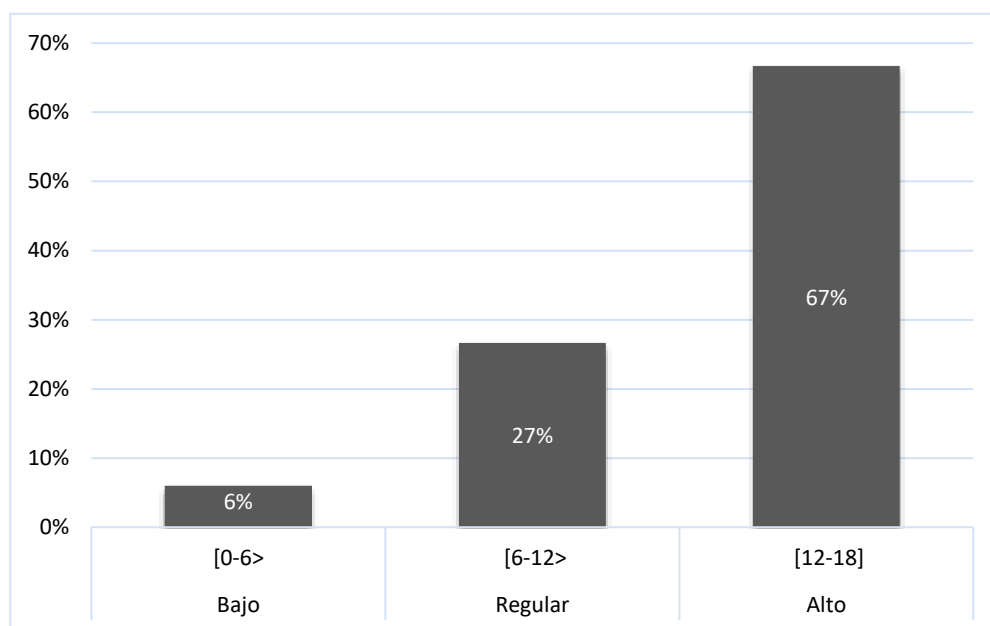
	RANGOS	RANGOS	RANGOS	RANGOS
Bajo	[0-6>	[0-2>	[0-2>	[0-2>
Regular	[6-12>	[2-4>	[2-4>	[2-4>
Alto	[12-18]	[4-6]	[4-6]	[4-6]

Cuadro N° 7

Disminución de la polución ambiental en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

CATEGORIAS	RANGOS	f(i)	h(i) %
Bajo	[0 - 6>	1	6%
Regular	[6 - 12>	4	27%
Alto	[12 - 18]	10	67%
TOTAL		15	100%
\bar{X}		14,00	
S		14,71	

Fuente: Data de resultados de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental.

Gráfico N° 1**Disminución de la polución ambiental en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.****Interpretación**

En el cuadro N° 5 se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., como consecuencia de haberse desarrollado un Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro en dicha planta.

La muestra estuvo conformada por 15 trabajadores que desarrollan sus labores en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., de la cual se observa que 1 trabajador que representa el 6% de la muestra de estudio percibe que existe una baja disminución de la polución ambiental en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la citada Empresa Minera; 4 trabajadores que representan el 27% de la muestra de estudio perciben que existe una regular disminución de la polución ambiental; y 10 trabajadores que representan el 67% de la muestra de estudio perciben que existe una alta disminución de la polución ambiental en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Determinándose a la vez, una media aritmética de 14,00 puntos que nos indica que la disminución de la polución ambiental en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., es alta. Asimismo, se ha determinado una desviación estándar con una variación en un $\pm 14,71$ con respecto a la media aritmética, que indica que los datos son consistentes.

Cuadro N° 8

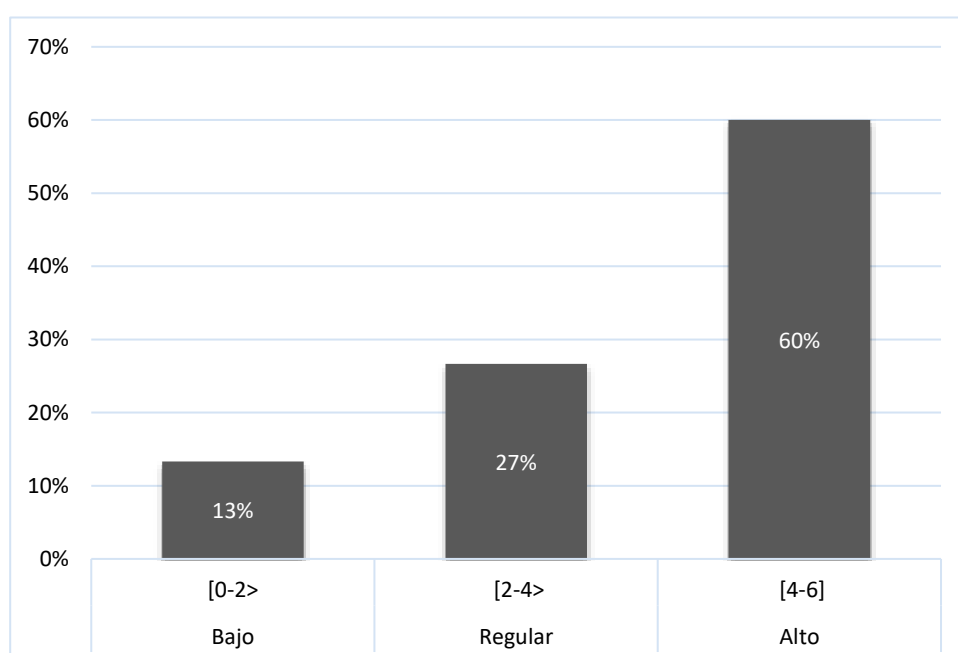
Disminución de la contaminación en el medio ambiente en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

CATEGORIAS	RANGOS	f(i)	h(i) %
Bajo	[0 - 2>	2	13%
Regular	[2 - 4>	4	27%
Alto	[4 - 6]	9	60%
TOTAL		15	100%
\bar{X}		5,27	
S		2,07	

Fuente: Data de resultados de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental.

Gráfico N° 2

Disminución de la contaminación en el medio ambiente en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.



Interpretación

En el cuadro N° 6 se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental en lo referente a su dimensión 1: disminución de la contaminación en el medio ambiente en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., como consecuencia de haberse desarrollado un Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro en dicha planta.

La muestra estuvo conformada por 15 trabajadores que desarrollan sus labores en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., de la cual se observa que 2 trabajadores que representan el 13% de la muestra de estudio perciben que existe una baja disminución de la contaminación en el medio ambiente en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la citada Empresa Minera; 4 trabajadores que representan el 27% de la muestra de estudio perciben que existe una regular disminución de la contaminación en el medio ambiente; y 9 trabajadores que representan el 60% de la muestra de estudio perciben que existe una alta disminución de la contaminación en el medio ambiente en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Determinándose a la vez, una media aritmética de 5,27 puntos que nos indica que la disminución de la contaminación en el medio ambiente en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., es alta. Asimismo, se ha determinado una desviación estándar con una variación en un $\pm 2,07$ con respecto a la media aritmética, que indica que los datos son consistentes.

Cuadro N° 9

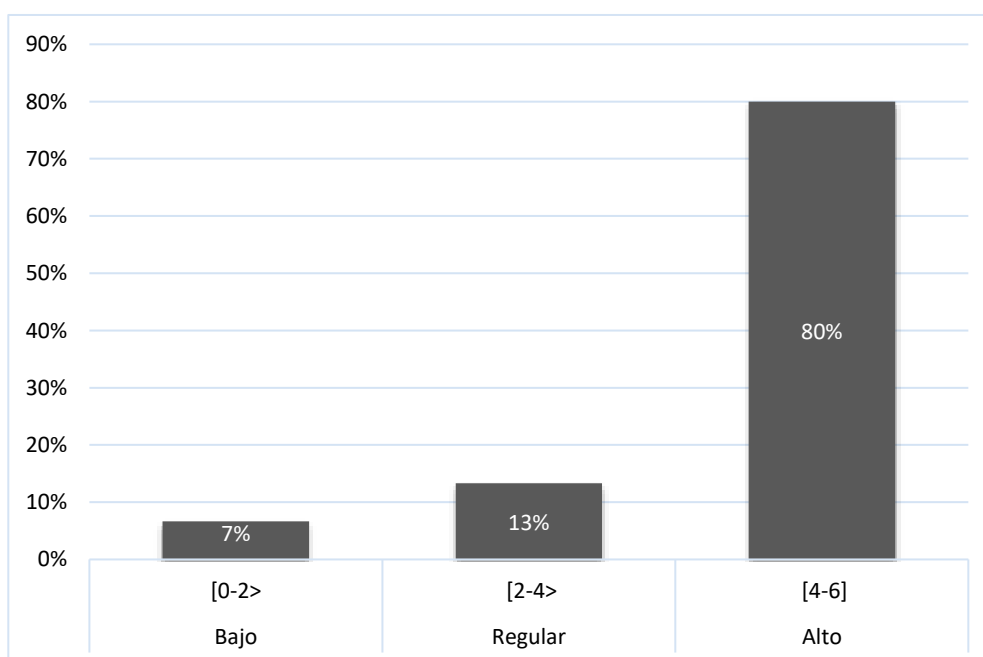
Disminución de la contaminación en la biota en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

CATEGORIAS	RANGOS	f(i)	h(i)%
Bajo	[0 - 2>	1	7%
Regular	[2 - 4>	2	13%
Alto	[4 - 6]	12	80%
TOTAL		15	100%
\bar{X}		5,47	
S		2,03	

Fuente: Data de resultados de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental.

Gráfico N° 3

Disminución de la contaminación en la biota en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.



Interpretación

En el cuadro N° 7 se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental en lo referente a su dimensión 2: disminución de la contaminación en la biota en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., como consecuencia de haberse desarrollado un Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro en dicha planta.

La muestra estuvo conformada por 15 trabajadores que desarrollan sus labores en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., de la cual se observa que 1 trabajador que representa el 7% de la muestra de estudio percibe que existe una baja disminución de la contaminación en la biota en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la citada Empresa Minera; 2 trabajadores que representan el 13% de la muestra de estudio perciben que existe una regular disminución de la contaminación en la biota; y 12 trabajadores que representan el 80% de la muestra de estudio perciben que existe una alta disminución de la contaminación en la biota en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

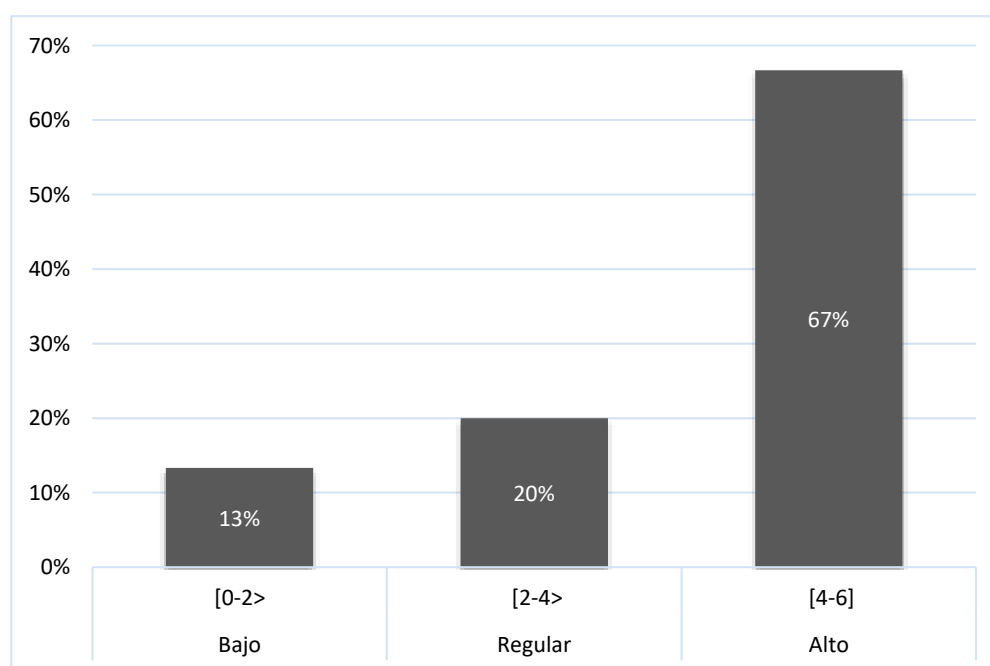
Determinándose a la vez, una media aritmética de 5,47 puntos que nos indica que la disminución de la contaminación en la biota en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., es alta. Asimismo, se ha determinado una desviación estándar con una variación en un $\pm 2,03$ con respecto a la media aritmética, que indica que los datos son consistentes.

Cuadro N° 10
Disminución de la contaminación en el ser humano en la Planta de
Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang
Hierro Perú S.A.A.

CATEGORIAS	RANGOS	f(i)	h(i)%
Bajo	[0 - 2>	2	13%
Regular	[2 - 4>	3	20%
Alto	[4 - 6]	10	67%
TOTAL		15	100%
\bar{X}		5,32	
S		2,10	

Fuente: Data de resultados de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental.

Gráfico N° 4
Disminución de la contaminación en el ser humano en la Planta de
Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang
Hierro Perú S.A.A.



Interpretación

En el cuadro N° 8 se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental en lo referente a su dimensión 3: disminución de la contaminación en el ser humano en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., como consecuencia de haberse desarrollado un Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro en dicha planta.

La muestra estuvo conformada por 15 trabajadores que desarrollan sus labores en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., de la cual se observa que 2 trabajadores que representa el 13% de la muestra de estudio perciben que existe una baja disminución de la contaminación en el ser humano en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la citada Empresa Minera; 3 trabajadores que representan el 20% de la muestra de estudio perciben que existe una regular disminución de la contaminación en el ser humano; y 10 trabajadores que representan el 67% de la muestra de estudio perciben que existe una alta disminución de la contaminación en el ser humano en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Determinándose a la vez, una media aritmética de 5,32 puntos que nos indica que la disminución de la contaminación en el ser humano en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., es alta. Asimismo, se ha determinado una desviación estándar con una variación en un $\pm 2,10$ con respecto a la media aritmética, que indica que los datos son consistentes.

5.1. EVALUACIÓN DE POLVO AMBIENTAL POR AÑO Y MESES

Cuadro N° 11. Evaluación de polvos suspendidos en los meses de diciembre, enero y febrero

PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL														
EVALUACIÓN DE POLVOS SUSPENDIDOS														
Equipo empleado: Muestreador de alto volumen High Vol PM10														
ESTACIÓN	FILTRO N°	Mes	Tiempo de Muestreo minutos	Peso de Filtro gramos	Material Colectado gramos	Temperatura °C	Altura de Agua pulgadas	Pf mm. Hg	Presión PorPa	Flujo Real Tabla Qa (m³/min)	Flujo Estándar Qstd (m³/min)	Volumen Estándar Qstd (m³)	Volumen Estándar Qstd (m³/día)	ug/m³
E-7	471	DIC.15	1200	3.62703		25.0	13.5	27.90	0.963	1.165	1.161	1393.723	1672.47	230
	476		1200	3.94753	0.3205	25.0	16.4	19.32	0.975	1.180	1.176	1411.675	1694.01	100
	481		1200	3.62831		25.0	10.0	29.86	0.961	1.164	1.159	1390.791	1668.95	233
	481		1200	3.76882	0.1405	25.0	10.7							
	19	ENE.16	1200	3.62465		25.0	15.8	28.93	0.962	1.167	1.156	1386.809	1664.17	109
	27		1200	3.94927	0.3246	26.0	16.2	25.38	0.967	1.171	1.164	1396.815	1676.18	181
	31		1229	3.54596		29.0	15.5	22.30	0.971	1.180	1.165	1431.988	1677.84	117
	79		1200	3.69660	0.1506	25.0	15.5	27.99	0.963	1.189	1.174	1408.862	1690.63	107
	84	FEB.16	1200	3.55057		25.0	12.8	28.83	0.962	1.184	1.177	1412.322	1694.79	174
	88		1200	3.80335	0.2528	27.0	14.4	19.60	0.974	1.205	1.186	1423.093	1707.71	126
				3.54351		27.0	11.4							
				3.71158	0.1681	29.0	12.5							
				3.57282		31.0	15.0							
				3.72371	0.1509	25.0	15.0							
				3.56308		25.0	15.0							
				3.80881	0.2457	27.0	15.9							

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 12. Evaluación de polvos suspendidos en los meses de marzo, abril y mayo

PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL														
EVALUACION DE POLVOS SUSPENDIDOS														
Equipo empleado: Muestreador de alto volumen High Vol PM10														
ESTACIÓN	FILTRO	Mes	Tiempo de	Peso de	Material	Temperatura	Altura de	Pí mm. Hg	Presión PolPa	Flujo Real Tabla Qa (m³/min)	Flujo Estándar Qstd (m³/min)	Volumen Estándar Qstd (m³)	Volumen Estándar Qstd (m³/día)	ug/m³
	N°		Muestreo	Filtro	Colectado		Agua							
			minutos	gramos	gramos		pulgadas							
E-7		MAR. 16		3.56288		29	10.0							
	92		1200	3.83872	0.2758	29	10.5	19.13	0.975	1.2005	1.1815	1417.778	1701.33	195
				3.56253		29	15.5							
	99		1200	3.85551	0.2930	29	15.8	29.21	0.961	1.1825	1.1638	1396.521	1675.82	210
		ABR. 16		3.53959		29	14.3							
	159		1200	3.72262	0.1830	28	15.0	27.34	0.964	1.186	1.169	1402.681	1683.22	130
				3.53958		28	15.0							
	162		1200	3.67521	0.1356	26	15.0	27.99	0.963	1.182	1.171	1404.642	1685.57	97
				3.53836		26	15.0							
	171		1200	3.95017	0.4118	25	15.0	27.99	0.963	1.179	1.174	1408.713	1690.46	292
		MAY. 16		3.52833		29	15.3							
	190		1200	3.71615	0.1878	29	15.5	28.74	0.962	1.170	1.151	1381.758	1658.11	136
				3.53396		29	15.0							
	195		1200	3.66072	0.1268	30	15.6	28.55	0.962	1.171	1.151	1380.653	1656.78	92
				3.55524		30	15.6							
	200		1200	3.77692	0.2217	29	16.0	29.49	0.961	1.169	1.149	1378.590	1654.31	161

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 13. Evaluación de polvos suspendidos en los meses de junio, julio y agosto

PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL														
EVALUACION DE POLVOS SUSPENDIDOS														
Equipo empleado: Muestreador de alto volumen High Vol PM10														
ESTACION	FILTRO	Mes	Tiempo de	Peso de	Material	Temperatura	Altura de	Pf mm. Hg	Presión Po/Pa	Flujo Real Tabla Qa (m³/min)	Flujo Estándar Qstd (m³/min)	Volumen Estándar Qstd (m³)	Volumen Estándar Qstd (m³/día)	ug/m³
	N°		Muestreo	Filtro	Colectado		Agua							
			minutos	gramos	gramos	°C	pulgadas							
E-7		JUN. 16		3.53211		25.0	14.3							
	260		1200	3.86193	0.3298	20.0	15.1	27.43	0.964	1.180	1.187	1424.222	1709.07	232
				3.54228		20.0	11.0							
	272		1200	3.79383	0.2516	22.0	11.6	21.09	0.972	1.188	1.201	1441.193	1729.43	175
				3.53929		22.0	15.0							
	274		1200	3.88622	0.3469	23.0	15.6	28.55	0.962	1.178	1.185	1421.506	1705.81	244
		JUL. 16		3.53243		21.0	15.0							
	298		1200	3.79945	0.2670	20.0	16.0	28.93	0.962	1.180	1.195	1433.623	1720.35	186
				3.52506		20.0	14.0							
	300		1200	3.70462	0.1796	25.0	15.5	27.53	0.964	1.186	1.193	1431.464	1717.76	125
				3.55960		25.0	12.3							
	302		1200	3.67478	0.1152	23.0	13.0	23.61	0.969	1.195	1.196	1435.042	1722.05	80
		AGO. 16		3.55097		24.0	15.4							
	349		1200	3.81090	0.2599	23.0	15.7	29.02	0.962	1.160	1.163	1395.661	1674.79	186
				3.59626		23.0	15.0							
	355		1200	3.82085	0.2246	26.0	15.7	28.65	0.962	1.162	1.161	1393.068	1671.68	161
				3.60163		26.0	10.0							
	359		1200	3.95983	0.3582	26.0	15.7	23.98	0.968	1.173	1.166	1399.200	1679.04	256

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 14. Evaluación de polvos suspendidos en los meses de setiembre, octubre y noviembre

PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL														
EVALUACIÓN DE POLVOS SUSPENDIDOS														
Equipo empleado: Muestreador de alto volumen High Vol PM10														
ESTACION	FILTRO	Mes	Tiempo de	Peso de	Material	Temperatura	Altura de	Pí mm.Hg	Presión Po/Pa	Flujo Real Tabla Qa (m³/min)	Flujo Estándar Qstd (m³/min)	Volumen Estándar Qstd (m³)	Volumen Estándar Qstd (m³/día)	ug/m³
	N°		Muestreo	Filtro	Colectado		Agua							
			minutos	gramos	gramos		pulgadas							
E-7	365	SET.16	1200	3.59187		26.0	15.4							
				3.83908	0.2472	27.0	16.0	29.30	0.961	1.171	1.162	1394.185	1673.02	177
	371		1200	360071		27.0	9.5							
				3.79335	0.2000	27.0	16.1	23.89	0.968	1.180	1.169	1402.859	1683.43	143
	376	OCT.16	1200	3.59332		27.0	16.1							
				3.66239	0.0691	28.0	16.8	30.70	0.959	1.169	1.156	1386.875	1664.25	50
	410		1200	3.55996		23.0	14.7							
				3.69316	0.1332	25.0	15.5	28.18	0.963	1.176	1.177	1412.225	1694.67	94
	413		1200	3.5604		25.0	15.5							
				3.86348	0.3031	28.0	15.6	29.02	0.962	1.179	1.170	1404.010	1684.81	216
	416	NOV.16	1200	3.56261		28.0	15.6							
				3.84775	0.2851	28.0	12.0	25.75	0.966	1.187	1.172	1406.492	1687.79	203
	451		1426	3.54439		28.0	11.5							
				3.8068	0.2624	29.0	12.8	22.68	0.970	1.193	1.176	1677.044	1693.51	156
	455		1080	3.53914		28.0	15.9							
				3.62384	0.0847	27.0	16.0	29.77	0.961	1.180	1.167	1260.472	1680.63	67
	466		1200	3.54762		28.0	15.4							
				3.75088	0.2033	24.0	16.5	29.77	0.961	1.188	1.181	1417.093	1700.51	143

Fuente: Elaboración propia.

5.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Prueba de hipótesis general

La hipótesis general sostiene:

El Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro será eficiente para la reducción del límite máximo permisible de calidad ambiental de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable de $2.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ y de $13 \text{ mg}/\text{m}^3$ de polvo inhalable.

1° Formulación de las hipótesis estadísticas

$H_0: \rho=0$

El Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro no es eficiente para la reducción del límite máximo permisible de calidad ambiental de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable de $2.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ y de $13 \text{ mg}/\text{m}^3$ de polvo inhalable.

$H_a: \rho \neq 0$

El Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro es eficiente para la reducción del límite máximo permisible de calidad ambiental de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable de $2.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ y de $13 \text{ mg}/\text{m}^3$ de polvo inhalable.

2° Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$ (prueba bilateral)

3° Elección de la prueba estadística

Debido a que ($n < 30$), $n = 15$ (grupo experimental), se ha empleado la prueba de distribución t-student que tiene la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

Nota: $\mu = 0$

4° Cálculo de la prueba estadística

Cálculo del valor de t_c :

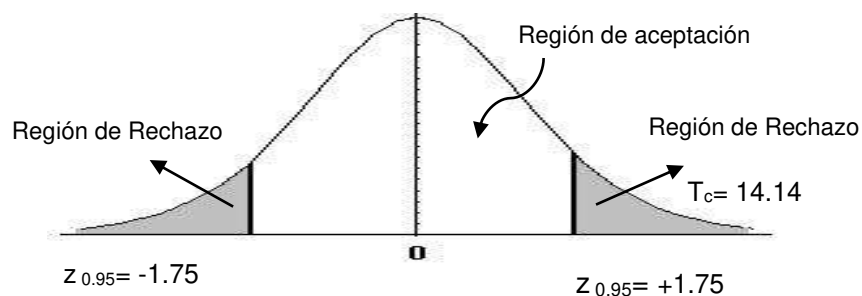
	Grupo Experimental
\bar{x}	$\square = 14,00$
Muestra	$n = 15$
S	$S = 14,71$

Ahora se reemplazan los datos en la fórmula y se obtiene: $t_c = 14,14$

Se procede a ubicar el valor de t_c en la distribución normal para ello se halla el valor de Z tabla:

$T_{1-\alpha} = T_{1-0.05} = T_{0.95}$, el mismo que es ± 1.75

Luego, se ubica el valor de la regla de $t_c = 14,14$ en la distribución la cual se encuentra en la zona de aceptación.



5° Toma de decisión

Como $t_c = 14,14$ pertenece a la región de rechazo, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a ; por lo que se afirma que el promedio del nivel de influencia del Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro es significativo, a un nivel de confianza del 95% y significancia del 5%; es decir, que el Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro es eficiente para la reducción del límite máximo permisible de calidad ambiental de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable de $2.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ y de $13 \text{ mg}/\text{m}^3$ de polvo inhalable en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Prueba de hipótesis específicas

Las hipótesis específicas son:

- Se ajustará los límites permisibles de 3 mg/m^3 para polvo respirable en los monitoreos de exposición ocupacional a partículas suspendidas a los trabajadores de Planta Chancadora.
- Se ajustará los límites permisibles de 10 mg/m^3 para polvo inhalables en los monitoreos personales de exposición ocupacional a partículas suspendidas a los trabajadores de Planta Chancadora.
- Se reducirá el límite máximo permisible para la calidad de aire de $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en la Planta Chancadora durante los monitoreos de calidad ambiental utilizando el equipo PM-10.
- Se logrará reducir el diagnóstico y registros de enfermedades ocupacionales como la neumoconiosis o la siderosis especialmente en los trabajadores de la Planta Chancadora de San Nicolás.

Tomando en cuenta los resultados de monitoreo de polvos suspendidos en el mes de diciembre de 2015 y de enero a noviembre de 2016, tal como se observa en las tablas 9, 10, 11 y 12, las hipótesis específicas se validan, es decir, que el Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro permite que se ajuste los límites permisibles de 3 mg/m^3 para polvo respirable en los monitoreos de exposición ocupacional a partículas suspendidas a los trabajadores de Planta Chancadora, de igual manera este sistema también permite que se ajuste los límites permisibles de 10 mg/m^3 para polvo inhalables en los monitoreos personales de exposición ocupacional a partículas suspendidas a los trabajadores de Planta Chancadora. Asimismo, el Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro permite reducir el límite máximo permisible para la calidad de aire de $350 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en la Planta Chancadora durante los monitoreos de calidad ambiental utilizando el equipo PM-10; y reducir el índice de enfermedades ocupacionales como la neumoconiosis o la siderosis en la Planta Chancadora de San Nicolás.

5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se realiza la discusión de los resultados considerando las hipótesis planteadas, el marco teórico relacionado a las variables de estudio y

la evidencia empírica obtenida con la aplicación del instrumento de recolección de datos.

Los hallazgos contrastan que el Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro es eficiente para la reducción del límite máximo permisible de calidad ambiental de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable de $2.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ y de $13 \text{ mg}/\text{m}^3$ de polvo inhalable en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Estos resultados se contrastan con los hallazgos de Aguado (2008) quien afirma que la polución de polvo producido por las operaciones de chancado, clasificación de los materiales de construcción y durante el transporte originado por los volquetes, produce daño a la salud de los centros poblados cercanos y a la vegetación del entorno. El autor encontró que muchas plantas portátiles de clasificación y chancado de materiales de construcción operan sin tener autorización de funcionamiento de la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas. Asimismo, encontró que la mayoría de plantas no tienen atomizadores de agua o campanas extractoras en el circuito de chancado para minimizar la polución de polvos, por lo que se requiere establecer criterios adecuados para implementar un sistema que coadyuve en la mitigación de polvo producido por las operaciones de chancado y disminuya la contaminación. En este sentido, Carhuapoma (2015) en su estudio establece los criterios para el diseño de implementación del Sistema de mitigación de polvo para una planta chancadora y que es necesario tener en cuenta tales criterio ya que permite que el sistema de mitigación sea eficiente a un 99.9%, logrando así obtener un mejor cuidado al medio ambiente y a la salud ocupacional. El autor afirma que es necesario que las plantas chancadoras de mineral cuenten con un sistema de mitigación ya que este ayuda en el manejo y control de polvo, obteniéndose un 99.9% de eficiencia lo que hace que sea un sistema seguro en el control de polvo trayendo ventajas en la disminución de las emisiones fugitivas así como involucrando un menor costo de capital. Tomando en cuenta lo ya señalado en los párrafos anteriores, se afirma que si se puede lograr minimizar la polución ambiental y exposición ocupacional en la medida que la empresa cuente con un adecuado sistema de mitigación, como el caso en particular,

que el Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro es eficiente para la reducción de la polución ambiental y exposición ocupacional en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ Se ha logrado determinar que el Sistema de Mitigación de polvo de hierro es eficiente para minimizar la polución ambiental y exposición ocupacional en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., quedando validada la hipótesis general.
- ✓ Se logró determinar la eficacia del Sistema de Mitigación de polvo instalado en la Planta Chancadora, San Nicolás, mediante los programas de monitoreos aplicados.
- ✓ Con el Sistema de Mitigación de polvo de hierro se ha reducido la exposición del personal en el interior de Planta Chancadora al material particulado no excediendo los límites del polvo respirable (3 mg/m³) ni los límites del polvo inhalable (10 mg/m³).
- ✓ Se ha logrado verificar la reducción del límite máximo permisible para la calidad de aire inferior a 350 µg/m³ del estándar de calidad de aire.
- ✓ Consecuentemente se reducen los registros de enfermedades ocupacionales en los trabajadores de la Planta Chancadora.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A. debe desarrollar y mantener un Sistema de Mitigación de polvo de hierro para minimizar la polución ambiental y exposición ocupacional en la Planta Chancadora San Nicolás, en base a los resultados obtenidos de la presente investigación.
- ✓ Con la implementación del Sistema de Mitigación de polvo de hierro para la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás, los directivos y gerentes de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A. deben establecer un

cronograma de monitoreo o supervisión a fin de registrar la información pertinente sobre las ventajas que trae el sistema, que actualmente no existe.

- ✓ Reconocer la importancia del problema de estudio para que los trabajadores, la estructura administrativa, y los profesionales sean capaces de involucrarse con la reducción de la polución ambiental en la empresa, para evitar Procedimientos Administrativos Sancionadores, multas.
- ✓ La seguridad y salud ocupacional en la empresa, debe ser un tema asumido por todo el personal sin excepción, ya que ello coadyuva a mantener una buena cultura de seguridad, por lo que es necesario hacer seguridad fuera y adentro de la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás, en todos los aspectos en el que se desenvuelve el trabajador.
- ✓ El presente estudio se puede replicar en otros Sistema de Mitigación de polvo de hierro en otras plantas concentradoras, para poder demostrar su eficiencia en la disminución de la polución ambiental y de la exposición ocupacional.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Adilnela (2004). JOVS-Evaluación Técnica Centrales Eólicas de Malabrigo y Marcona. Anexo 2 Informe Técnico Central Piloto San Juan de Marcona. Perú.
- Aguilar, L. (2006). Contaminación ambiental. Recuperado de <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>
- Andrews, J. (2014). Minería y Atmosfera. Recuperado de <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM2.htm>
- Anguita y Rueda (2010). *Procesos Geológicos externos y Geología Ambiental*". España: Madrid.
- Bartual, S. y Berenguer, S. (2012). NTP 607: Guías de calidad de aire interior: Contaminantes químicos. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. 2p.
- BHA Group (2005). *Seminario de BHA International Inc. Mantenimiento de equipo de control de contaminación ambiental*. EEUU.
- Boletín Institucional N°8 "FE DE HIERRO" (Marzo – Abril 2014) del Dpto. de Relaciones Públicas, Comunitarias e Información.
- Campos, I. (2003). Saneamiento Ambiental. San José, Costa Rica: EUNED.
- Environmental Protection Agency (2010). *Hojas de Datos – Tecnologías de Control de Contaminantes del aire*. Estados Unidos.
- Espinoza y Alzina (2001) *Revisión de la Evaluación de Impacto Ambiental en países de América Latina y el caribe*. Banco Interamericano del Desarrollo BID. Chile: Santiago.
- Fernández, S. (2008). *Mejoras en la eficiencia de los colectores de polvo tipo Jet Pulse y precipitador electrostático*. Perú: Piura.
- García G. (1987). *Producción y transferencia de paradigmas teóricos en la educación socioeducativa*. Caracas, Fondo Editorial Tropykos.
- González I. (2008). *Diseño e implementación de un sistema de seguridad e higiene industrial, en la planta de producción de la cooperativa madre y maestra, y mitigación de polvos en el área de descarga de materia prima*. Guatemala.
- Henao, R., (2010). *Salud ocupacional: conceptos básicos*. Colombia: ECOE Ediciones.
- Hernández, Fernández y Baptista (2003). *Metodología de la Investigación* 3ra Edición.

- Herrera P. y Millones O. (2011) *¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú?* CIES. Perú: Lima.
- Herrera, M. (2013). *Fórmula para cálculo de la muestra de Poblaciones Finitas*". Guatemala.
- Manual de Ventilación de Minas (n. d.). Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Obtenido de: <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM2.htm>
- Manzanedo, D. (2005). *La minería artesanal de oro en el Perú vista desde un enfoque organizacional*. Perú: Lima
- Martínez, Quero, Isidro y Rego (2010). *Enfermedades pulmonares profesionales por inhalación de polvos inorgánicos*. Servicio de Neumología Ocupacional Instituto Nacional de Silicosis. Hospital Central de Asturias. España: Oviedo.
- McDonald T. (1975) ICAI *Turbo máquinas Hidráulicas: Turbinas hidráulicas, bombas y ventiladores*. España: Madrid
- McGraw-Hill y Fox, R. (1999). *Introducción a la mecánica de fluidos*. México, DF.
- Minera Yanacocha. (2016). *La Minería y el Control del Medio Ambiente*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/mineria-y-control-del-medio-ambiente-peru/mineria-y-control-del-medio-ambiente-peru.pdf>
- Moraga, Rivera y Soto (2010). *Evaluar y proponer la disminución de material particulado en la planta de chancado secundario-terciario en división el teniente de codelco chile*". Chile: Santiago.
- Nina (2011). *Monitoreo de agentes ocupacionales polvo (material particulado)*". Perú: Lima.
- Noel, E. (2014). *La Contaminación Minera*. Recuperado de <http://contaminacionminera263a.blogspot.com/>
- Nolaya, S. (2002). *Reducción de plomo y cadmio en los humos de la fundición de plomo de la Oroya*. Perú.
- Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental – OEFA (2014). *Monitoreo Ambiental*. Recuperado de <http://www.oefa.gob.pe/actividades-principales>

- Pittman (2003) & Rao (2000). *Conceptualización de la Eficiencia Medioambiental*". EE UU: New York.
- Quijano, V (2014). *Modelo de simulación para el potencial eólico en el Perú y su aprovechamiento energético futuro*. Perú.
- Quijano, V. (2011). *Simulación de la dinámica del viento superficial sobre la costa de Ica utilizando el modelo numérico de la atmósfera de mesoescala mm5*. Perú.
- Revista CONFEMIN (2010). *Confederación Minera de Chile*. Edición 01.
- Saldes A. D. (2012). *Efecto de la estructura de apilamiento sobre las emisiones de polvo en pilas de almacenamiento de carbón*. Chile: Santiago.
- Sexton, K (1995). *Evaluación de exposición en estudios de epidemiología ocupacional*. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/cursoa_epi/e/modulo4.html
- Vega, D. (2007). *El origen de polvos y su mitigación en la minería*. Perú: Ayacucho.
- Velásquez J. ADILNELSA (2007). *Mapa Eólico del Perú (Preliminar)*.
- Velásquez, J. (2007) ADINELSA, *OVS-Evaluación Técnica Centrales Eólicas de Malabrigo y Marcona*. Perú: Lima.
- Warner (2011). *Análisis de Contaminantes del aire*. Ed. Paraninfo. Perú: Arequipa.
- Wilhelm, S. (2013). *Mejoramiento de la gestión de carga viva en acopio los colorados, minera escondida ltda*. Chile: Santiago.

IX. ANEXOS

9.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

CUESTIONARIO SOBRE LA DISMINUCIÓN DE LA POLUCIÓN AMBIENTAL

ZONA: _____ SEXO: _____

OBJETIVO: Analizar la polución ambiental en la Planta Chancadora del Área de San Nicolás en Marcona desde la perspectiva del trabajador del área.

INDICACIONES: A continuación se le presenta una serie de ítems, lea cuidadosamente cada una de ellas, y marque usted con un aspa (X) la alternativa que considere la más adecuada.

Nº	ÍTEM	ALTERNATIVAS	
		Si	No
	Dimensión 1: Contaminación en el medio ambiente		
1.	La degradación del aire sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
2.	Considera que el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora contribuye a deteriorar más la capa de ozono.		
3.	La contaminación de aguas superficiales en la zona sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
4.	La contaminación de aguas subterráneas en la zona sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
5.	La erosión del suelo de la zona sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
6.	La desertización en la zona sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
	Dimensión 2: Contaminación en la biota		
7.	El daño a la Bahía San Nicolás sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
8.	El daño a las palmeras de la zona sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
9.	El daño a los mamíferos y aves de la zona sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta		

	Chancadora del área de San Nicolás.		
10.	El daño a los reptiles y anfibios de la zona sería con menor intensidad si se redujeran el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
Dimensión 3: Contaminación en el ser humano			
11.	Considera que el dolor de cabeza, mareo, sensación de desvanecimiento y cansancio es ocasionado por el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
12.	Considera que la somnolencia, alucinaciones, convulsiones y pérdida de conocimiento son ocasionadas por el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
13.	Considera que las dificultades respiratorias, colapso, convulsiones, coma y la muerte son ocasionados por el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
14.	Considera que las dificultades respiratorias como la bronquitis aguda es ocasionada por el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
15.	Considera que el daño en el glomérulo y túbulo renales afectando los riñones es ocasionado por el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
16.	Considera que las complicaciones digestivas como náuseas, vómitos y diarrea son ocasionadas por el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
17.	Considera que la gingivitis y ulceraciones en la mucosa bucal son ocasionadas por el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
18.	Considera que la caída de los dientes e incluso los mancha de color parduscos y produce aliento fétido son ocasionados por el polvo de mineral de hierro proveniente de la Planta Chancadora del área de San Nicolás.		
SUB-TOTAL			
TOTAL			

LEYENDA: No = 0; Si = 1

Muchas gracias por su participación...!

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A TRABAJADORES DE PLANTA N° 1 CHANCADORA

Encuestado	VAR1: SISTEMA DE MITIGACION																			TOT	PROM	
	DIM1: Polvo de mineral								TOT	PROM	DIM2: sistema de mitigacion								TOT	PROM	VAR1	VAR2
	PREG01	PREG02	PREG03	PREG04	PREG05	PREG06	PREG07	DIM1	DIM 1	PREG08	PREG09	PREG10	PREG11	PREG12	PREG13	PREG14	PREG15	DIM2	DIM2			
1	5	4	4	5	4	5	5	32	5	4	5	3	4	4	4	5	3	32	4	64	4	
2	4	4	5	5	4	5	5	32	5	3	5	5	5	4	5	5	5	37	5	69	5	
3	3	3	4	5	3	3	3	24	3	5	4	5	3	5	5	4	5	36	5	60	4	
4	5	4	3	4	3	5	4	28	4	5	4	2	5	2	5	2	5	30	4	58	4	
5	4	5	5	5	5	5	5	34	5	3	3	2	3	2	2	5	3	23	3	57	4	
6	5	5	4	5	5	4	4	32	5	3	4	3	5	5	5	3	5	33	4	65	4	
7	3	4	5	4	4	5	3	28	4	4	4	4	5	4	4	4	4	33	4	61	4	
8	4	4	4	5	4	5	5	31	4	3	2	3	5	3	5	3	2	26	3	57	4	
9	4	5	4	5	5	5	4	32	5	5	5	5	5	3	5	5	5	38	5	70	5	
10	4	5	4	5	4	5	4	31	4	4	3	4	4	4	4	3	4	30	4	61	4	
11	2	3	5	3	3	2	5	23	3	2	3	3	2	3	5	3	2	23	3	46	3	
12	5	5	5	5	5	5	4	34	5	4	4	5	5	5	4	4	5	36	5	70	5	
13	5	5	5	5	5	5	5	35	5	5	4	5	3	3	5	4	5	34	4	69	5	
14	5	5	4	5	5	5	5	34	5	4	3	4	3	3	4	3	3	27	3	61	4	
15	3	5	5	5	5	5	4	32	5	3	3	4	5	4	3	4	3	29	4	61	4	

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A TRABAJADORES DE PLANTA N° 1 CHANCADORA

Encuestado	VARIABLE: POLUCIÓN AMBIENTAL																							TOT		RANGO
	DIM1: Contaminación en el medio ambiente						TOT DIM1	RANGO	DIM2: Contaminación en la biota				TOT DIM2	RANG O	DIM3: Contaminación en el ser humano								TOT DIM3	RANG O		
	PREG01	PREG02	PREG03	PREG04	PREG05	PREG06			PREG07	PREG08	PREG09	PREG10			PREG11	PREG12	PREG13	PREG14	PREG15	PREG16	PREG17	PREG18				
1	0	1	1	1	1	1	5	Alto	1	1	1	1	4	Alto	1	1	1	0	1	1	0	1	6	Alto	15	Alto
2	1	1	0	0	0	1	3	Regula	1	1	1	1	4	Alto	1	1	0	1	1	0	1	1	6	Alto	13	Alto
3	1	1	1	1	1	1	6	Alto	1	1	1	0	3	Alto	1	1	0	1	1	1	1	0	6	Alto	15	Alto
4	1	1	1	1	1	1	6	Alto	1	1	1	1	4	Alto	1	1	0	0	0	1	0	1	4	Regula	14	Alto
5	1	0	0	0	1	1	3	Regula	0	1	0	1	2	Regula	0	1	1	1	0	1	1	1	6	Alto	11	Regular
6	0	1	1	1	1	1	5	Alto	1	0	1	1	3	Alto	1	0	1	1	1	0	1	1	6	Alto	14	Alto
7	0	0	1	1	1	0	3	Regula	1	1	1	1	4	Alto	0	0	0	1	0	1	0	0	2	Bajo	9	Regular
8	1	1	1	1	1	1	6	Alto	1	1	0	1	3	Alto	1	1	1	0	1	1	0	0	5	Regula	14	Alto
9	1	1	1	1	1	1	6	Alto	1	1	1	0	3	Alto	1	1	0	0	1	1	1	1	6	Alto	15	Alto
10	0	0	0	0	1	0	1	Bajo	0	1	1	0	2	Regula	1	0	1	0	0	0	0	0	2	Bajo	5	Bajo
11	1	1	1	1	1	1	6	Alto	1	1	1	0	3	Alto	1	1	1	1	1	1	1	1	8	Alto	17	Alto
12	1	1	1	1	1	1	6	Alto	1	0	1	1	3	Alto	1	1	1	0	0	1	1	1	6	Alto	15	Alto
13	1	0	1	0	1	0	3	Regula	0	0	1	0	1	Bajo	1	0	1	0	1	0	1	1	5	Regula	9	Regular
14	0	0	0	1	0	0	1	Bajo	1	1	1	1	4	Alto	1	1	0	1	0	1	1	1	6	Alto	11	Regular
15	1	1	1	1	1	1	6	Alto	1	1	1	1	4	Alto	1	0	1	1	1	1	0	1	6	Alto	16	Alto
							4.40	Alto					3.13										5.33		12.87	Alto
							1.88						0.92										1.59		3.25	
							3.31						0.78										2.36		9.85	

BASE LEGAL

- Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Decreto Supremo N° 005-2012-TR Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Decreto Supremo N° 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería y otras medidas complementarias.
- Decreto Supremo 059-93-EM Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades Mineras
- Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, y su reglamento, donde se indica los valores establecidos para los Estándares Nacionales de Calidad ambiental de Aire.
- Decreto Supremo N° 013-2017-MINAM Estándares Nacional de calidad ambiental del aire.
- Calidad Ambiental del Aire en subsector minería. Legislación vigente (LMP y ECAs), equipos de medición, monitoreos ambientales y análisis de brecha. D.S. N° 074-2001-PCM (22-06-2001); D.S. N° 069-2003-PCM (15-07-2003); D.S. N° 003-2008-MINAM y otros.
- Decreto Supremo N° 009-2003-SA Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire.
- Decreto supremo N° 003-2008-MINAM, Aprueban estándares de calidad para aire
- Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM Aprueban niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero metalúrgicas.
- Decreto supremo 007-2008-MINAM Aprueban Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Decreto supremo 015-2005-SA Reglamento sobre valores Límites Permisibles para agentes químicos en el Ambiente de Trabajo.

GLOSARIO DE NOMENCLATURAS

Abreviatura	Significado
ADINELSA	Empresa de administración de infraestructura eléctrica
COLDECO	Corporación nacional del cobre
DIA	Declaración del impacto ambiental
DGAAM	Dirección general de asuntos ambientales mineros
D.L.	Decreto ley
D. Leg.	Decreto legislativo
D.S.	Decreto supremo
ECA	Estándar de calidad ambiental
EIA	Evaluación de impacto ambiental
EIASD	Estudio de impacto ambiental semi-detallado
EIAD	Estudio de impacto ambiental detallado
LMP	Límite máximo permisible
LTDA	Sociedad de responsabilidad limitada
MINAM	Ministerio del ambiente
MINEM	Ministerio de energía y minas
MPI	Masa de partículas inhalable
MPR	Masa de partículas respirable
MPT	Masa de partículas torácica
OEFA	Organismo de evaluación y fiscalización ambiental
ONU	Organización de las naciones unidas
PAMA	Programa de adecuación y manejo ambiental
PHVA	Planificar-hacer-verificar-actuar
PM	Partícula en suspensión
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente
SAA	Sociedad anónima abierta
STEL	Exposición de corta duración
TMPH	Tiempo de milla por hora
TLV	Valor límite permisible
TWA	Media ponderada en el tiempo
UIA	Unidad de impacto ambiental

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Título

Iron ore dust mitigation system for the control of environmental pollution in a crushing plant - Marcona.

Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro para el control de polución ambiental en una planta chancadora – Marcona.

Autor

Ing. Carlos Yabar Baños

Resumen

This research aims to determine the relationship between socio-emotional skills and work motivation among teachers of School N°. 22023 Huaytará, 2015; for the degree of Master of Education with specialization in Educational Administration.

Whereas basic research is non experimental type of correlational cross-sectional design was used. The population consisted of 30 teachers, and its shows the same number of teachers (being reduced) working in the Educational Institution N°. 22023 Huaytará during the period 2015 through selected non-probabilistic intentional sampling. For data collection they were developed and applied as tools for data collection two questionnaires , the first to measure the independent variable: socio-emotional skills and the second to measure the dependent variable: work motivation . While for data processing descriptive statistics for the presentation of results in tables and figures used in addition to the inferential statistics for testing hypotheses.

Through the results it was determined that there is significant relationship between socio-emotional skills and work motivation, which is based on the value of Pearson correlation coefficient $r = 0.704$. On the other hand it has obtained a coefficient of determination of $R^2 = 0.496$ indicating that socio-emotional skills explain work motivation in 49.6 % of cases observed.

El presente trabajo de investigación tiene como propósito lograr minimizar la polución ambiental y exposición ocupacional mediante el sistema de mitigación de polvo de hierro en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Esta investigación es de tipo aplicada, es decir busca demostrar la relación causal entre las variables de estudio (sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro y polución ambiental), utilizándose el diseño pre-experimental con una sola evaluación (evaluación post test); para lo cual, se trabajó con una población de 15 trabajadores que laboran en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., quedando conformada la muestra por el mismo número de trabajadores; a quienes se les aplicó un cuestionario para medir el nivel de disminución de la polución ambiental en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la citada Empresa Minera. Asimismo, el método utilizado en la presente investigación fue el cuantitativo y en cuanto al método de procesamiento de datos se ha empleado la estadística descriptiva e inferencial.

Los resultados de la investigación reflejan que el promedio del nivel de influencia del Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro es significativo, a un nivel de confianza del 95% y significancia del 5%; es decir, que el Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro es eficiente para la reducción del límite máximo permisible de calidad ambiental de 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la exposición ocupacional a partículas de polvo respirable de 2.2 mg/m^3 y de 13 mg/m^3 de polvo inhalable en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

Keywords: System, mitigation, dust, crushing plant, iron, environmental pollution, occupational health, occupational safety.

Palabras clave: Sistema, mitigación, polvo, planta chancadora, hierro, polución ambiental, salud ocupacional, seguridad ocupacional.

I. Introducción

La industria minera ha sido considerada como una actividad que contamina y deteriora el medio ambiente, generando en su defecto grandes consecuencias en la salud de la población. Hoy en día, la ciencia y la tecnología nos brindan una serie de técnicas, métodos y procedimientos de tal manera, que la industria minera se puede practicar con criterios medioambientales aceptables e insertados en el desarrollo sostenible, es decir, aprovechar los recursos mineros en forma racional y sin dañar el medio ambiente ni al ser humano.

SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A. es una empresa que tiene implementado el PAMA, y realiza monitoreos ambientales de partículas en el aire, suelo y agua. En el caso de monitoreo de partículas en el aire (polvo) la misma empresa lo realiza a través del departamento de medio ambiente (los equipos cuentan con certificado de calibración).

Los factores que me motivan a tratar este tema fueron los problemas ambientales y sus impactos generados en los trabajadores, el entorno y el medio ambiente circundante; por ello, surgió un interés de conocer y dar a conocer información acerca de este gran problema y la manera de mitigarlo.

Mediante el presente trabajo se tratará de contribuir en la solución en parte del gran problema, como es la contaminación ambiental y sus secuelas que ello implique, por los polvos generados en la Planta Chancadora de San Nicolás, así el presente trabajo se encauza en identificar en una parte del proceso productivo, un hecho ambiental, como poder conocerlo y en lo posible mitigarlo y disminuir sus efectos.

El estudio se refiere a las emisiones de material particulado de la Planta Chancadora del Área Beneficio San Nicolás de SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A. y su posible solución con la Implementación de un Sistema de Mitigación de Polvo que comprende el diseño, montaje y puesta en marcha para la mitigación de la polución en las áreas de trabajo de Chancado del Titular Minero SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A., el mismo que se pondrá a disposición de la empresa para su posible diseño y ejecución.

El autor.

II. Materiales y métodos

La investigación es de tipo aplicada, por cuanto su finalidad ha consistido en determinar como el sistema de mitigación de polvo en la Planta Chancadora del Área de San Nicolás produce efectos positivos o cierta influencia en la minimización de la polución ambiental y exposición ocupacional. En cuanto al diseño de investigación esta ha seguido un diseño preexperimental, puesto que se ha trabajado con un solo grupo de estudio para demostrar la relación de causalidad entre las variables de estudio (sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro y polución ambiental). Por otro lado, en la investigación la unidad de análisis ha sido la Planta de Chancado San Nicolás; mientras que la población ha sido el personal expuesto a los polvos o materiales particulado generados en las

diversas Planta de Chancado Secundario, equivalente a 15 trabajadores. En este sentido se seleccionó un muestreo no probabilística, la selección de la muestra se ha realizado en forma paulatina iniciando por personas de mayor exposición a menor exposición. En cuanto a las técnicas de recolección de datos se ha empleado el monitoreo ambiental PM10, monitoreos personales de polvo respirable e inhalables con bombas scort MSA, estación meteorológica, mapas de riesgo, matrices IPERC de línea base, reporte de condiciones subestandar, cámara fotográfica, balanza digital y encuesta a los trabajadores. Al respecto, la información recaba a través de las técnicas de datos ha sido analizada e interpretada mediante la estadística: descriptiva e inferencial, análisis paramétricos: prueba t - student de una media, cuadros unitarios o resúmenes, graficas comparativas o promediadas y lógica.

III. Resultados y discusión

Estos resultados se contrastan con los hallazgos de Aguado (2008) quien afirma que la polución de polvo producido por las operaciones de chancado, clasificación de los materiales de construcción y durante el transporte originado por los volquetes, produce daño a la salud de los centros poblados cercanos y a la vegetación del entorno. El autor encontró que muchas plantas portátiles de clasificación y chancado de materiales de construcción operan sin tener autorización de funcionamiento de la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas. Asimismo, encontró que la mayoría de plantas no tienen atomizadores de agua o campanas extractoras en el circuito de chancado para minimizar la polución de polvos, por lo que se requiere establecer criterios adecuados para implementar un sistema que coadyuve en la mitigación de polvo producido por las operaciones de chancado y disminuya la contaminación. En este sentido, Carhuapoma (2015) en su estudio establece los criterios para el diseño de implementación del Sistema de mitigación de polvo para una planta chancadora y que es necesario tener en cuenta tales criterio ya que permite que el sistema de mitigación sea eficiente a un 99.9%, logrando así obtener un mejor cuidado al medio ambiente y a la salud ocupacional. El autor afirma que es necesario que las plantas canchadores de mineral cuenten con un sistema de mitigación ya que este ayuda en el manejo y control de polvo, obteniéndose un 99.9% de eficiencia lo que hace que sea un sistema seguro en el control de polvo trayendo ventajas en la disminución de las emisiones fugitivas así como involucrando un menor costo de capital. Tomando en cuenta lo ya señalado en los párrafos anteriores, se afirma que si se puede lograr minimizar la polución ambiental y exposición

ocupacional en la medida que la empresa cuente con un adecuado sistema de mitigación, como el caso en particular, que el Sistema de Mitigación de polvo de mineral de hierro es eficiente para la reducción de la polución ambiental y exposición ocupacional en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

IV. Conclusiones

Primera: En base a los resultados obtenidos en la investigación se ha logrado determinar que el Sistema de Mitigación de polvo de hierro es eficiente para minimizar la polución ambiental y exposición ocupacional en la Planta Chancadora del área beneficio San Nicolás de la la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A., quedando validada la hipótesis general al obtenerse un $T_c = 14,14$.

Segunda: Se ha logrado determinar la eficacia del Sistema de Mitigación de polvo instalado en la Planta Chancadora, San Nicolás.

Tercera: Con el Sistema de Mitigación de polvo de hierro se ha logrado reducir la exposición del personal en el interior de Planta Chancadora al material particulado no excediendo los 3 mg/m³ y 10 mg/m³ de polvo respirable e inhalable respectivamente.

Cuarta: Se ha logrado verificar la reducción del límite máximo permisible para la calidad de aire de 500 µg/m³ en Instalaciones de Planta Chancadora.

Quinta: Se ha logrado demostrar la posibilidad de reducción de registro de enfermedades ocupacionales en los trabajadores de Planta Chancadora.

V. Agradecimientos

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a los profesores de la Unidad de Posgrado de la Facultad Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, por la formación científica y humana que me brindaron.

A quienes orientaron y guiaron con éxito la culminación de la Maestría mención en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente y también aquellos que facilitaron los medios educativos para el desarrollo y culminación de la tesis.

Mi gratitud y agradecimiento a las personas que han formado parte de mi vida personal y profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en

mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Muchas gracias para todos.

VI. Referencias bibliográficas

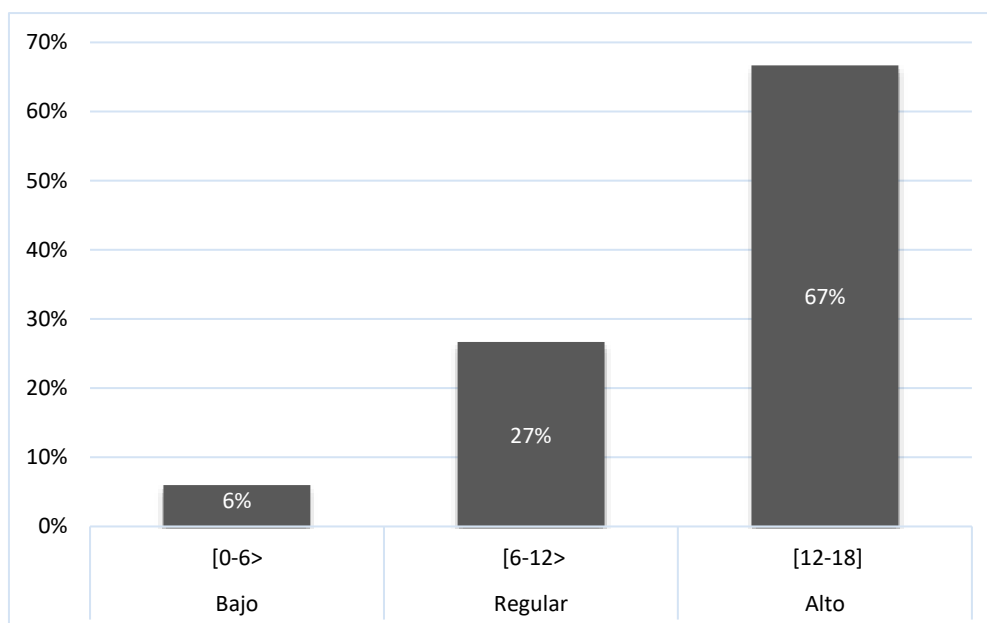
- Adilnela (2004). JOVS-Evaluación Técnica Centrales Eólicas de Malabrigo y Marcona. Anexo 2 Informe Técnico Central Piloto San Juan de Marcona. Perú.
- Aguilar, L. (2006). Contaminación ambiental. Recuperado de <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>
- Andrews, J. (2014). Minería y Atmosfera. Recuperado de <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM2.htm>
- Anguita y Rueda (2010). Procesos Geológicos externos y Geología Ambiental”. España: Madrid.
- Bartual, S. y Berenguer, S. (2012). NTP 607: Guías de calidad de aire interior: Contaminantes químicos. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. 2p.
- Campos, I. (2003). Saneamiento Ambiental. San José, Costa Rica: EUNED.
- Espinoza y Alzina (2001) Revisión de la Evaluación de Impacto Ambiental en países de América Latina y el caribe. Banco Interamericano del Desarrollo BID. Chile: Santiago.
- Environmental Protection Agency (2010). Hojas de Datos – Tecnologías de Control de Contaminantes del aire. Estados Unidos.
- Fernández, S. (2008). Mejoras en la eficiencia de los colectores de polvo tipo Jet Pulse y precipitador electrostático. Perú: Piura.
- García G. (1987). Producción y transferencia de paradigmas teóricos en la educación socioeducativa. Caracas, Fondo Editorial Tropykos.
- González I. (2008). Diseño e implementación de un sistema de seguridad e higiene industrial, en la planta de producción de la cooperativa madre y maestra, y mitigación de polvos en el área de descarga de materia prima. Guatemala.
- Henao, R., (2010). Salud ocupacional: conceptos básicos. Colombia: ECOE Ediciones.
- Herrera P. y Millones O. (2011) ¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú? CIES. Perú: Lima.

- Manzanedo, D. (2005). La minería artesanal de oro en el Perú vista desde un enfoque organizacional. Perú: Lima
- Martínez, Quero, Isidro y Rego (2010). Enfermedades pulmonares profesionales por inhalación de polvos inorgánicos. Servicio de Neumología Ocupacional Instituto Nacional de Silicosis. Hospital Central de Asturias. España: Oviedo.
- McDonald T. (1975) ICAI Turbo máquinas Hidráulicas: Turbinas hidráulicas, bombas y ventiladores. España: Madrid
- McGraw-Hill y Fox, R. (1999). Introducción a la mecánica de fluidos. México, DF.
- Minera Yanacocha. (2016). La Minería y el Control del Medio Ambiente. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/mineria-y-control-del-medio-ambiente-peru/mineria-y-control-del-medio-ambiente-peru.pdf>
- Moraga, Rivera y Soto (2010). Evaluar y proponer la disminución de material particulado en la planta de chancado secundario-terciario en división el teniente de codelco chile”. Chile: Santiago.
- Nina (2011). Monitoreo de agentes ocupacionales polvo (material particulado”. Perú: Lima.
- Noel, E. (2014). La Contaminación Minera. Recuperado de <http://contaminacionminera263a.blogspot.com/>
- Nolaya, S. (2002). Reducción de plomo y cadmio en los humos de la fundición de plomo de la Oroya. Perú.
- Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental – OEFA (2014). Monitoreo Ambiental. Recuperado de <http://www.oefa.gob.pe/actividades-principales/monitoreo-ambiental-2>
- Pittman (2003) & Rao (2000). Conceptualización de la Eficiencia Medioambiental”. EE UU: New York.
- Quijano, V (2014). Modelo de simulación para el potencial eólico en el Perú y su aprovechamiento energético futuro. Perú.
- Quijano, V. (2011). Simulación de la dinámica del viento superficial sobre la costa de Ica utilizando el modelo numérico de la atmósfera de mesoescala mm5. Perú.
- Revista CONFEMIN (2010). Confederación Minera de Chile. Edición 01.

VII. Anexos

Gráfico N° 1

Disminución de la polución ambiental en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.



Cuadro N° 7

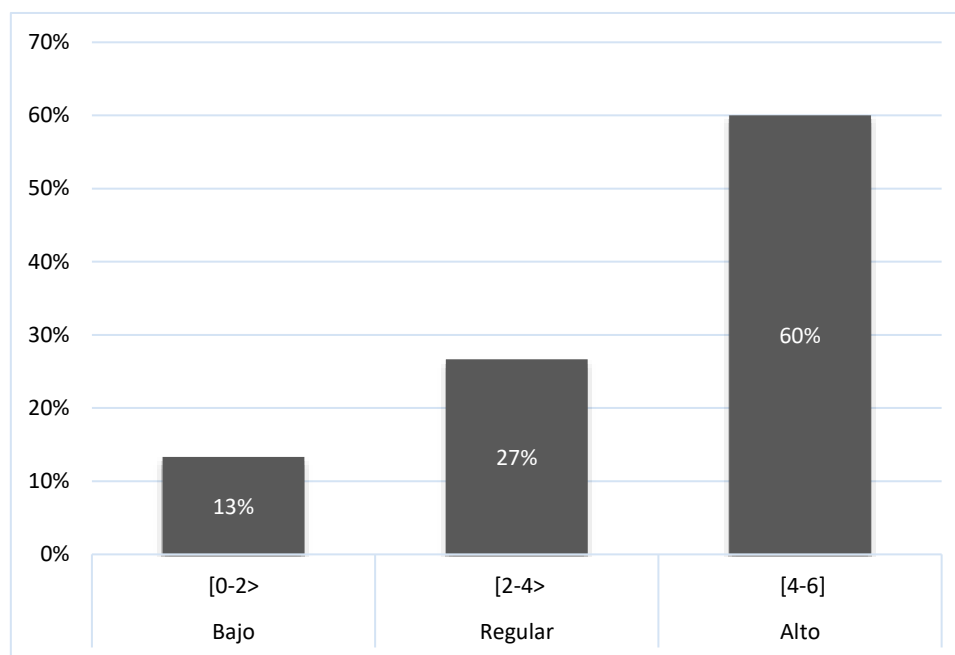
Disminución de la polución ambiental en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

CATEGORIAS	RANGOS	f(i)	h(i) %
Bajo	[0 - 6>	1	6%
Regular	[6 - 12>	4	27%
Alto	[12 - 18]	10	67%
TOTAL		15	100%
\bar{X}		14,00	
S		14,71	

Fuente: Data de resultados de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental.

Gráfico N° 2

Disminución de la contaminación en el medio ambiente en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.



Cuadro N° 8

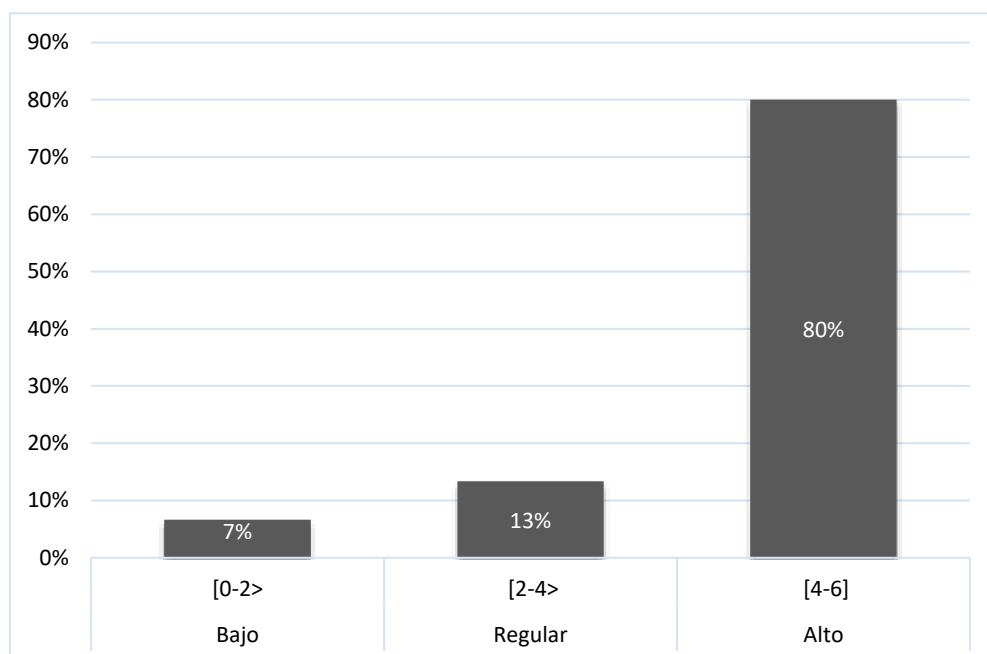
Disminución de la contaminación en el medio ambiente en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

CATEGORIAS	RANGOS	f(i)	h(i) %
Bajo	[0 - 2>	2	13%
Regular	[2 - 4>	4	27%
Alto	[4 - 6]	9	60%
TOTAL		15	100%
\bar{X}		5,27	
S		2,07	

Fuente: Data de resultados de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental.

Gráfico N° 3

Disminución de la contaminación en la biota en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.



Cuadro N° 9

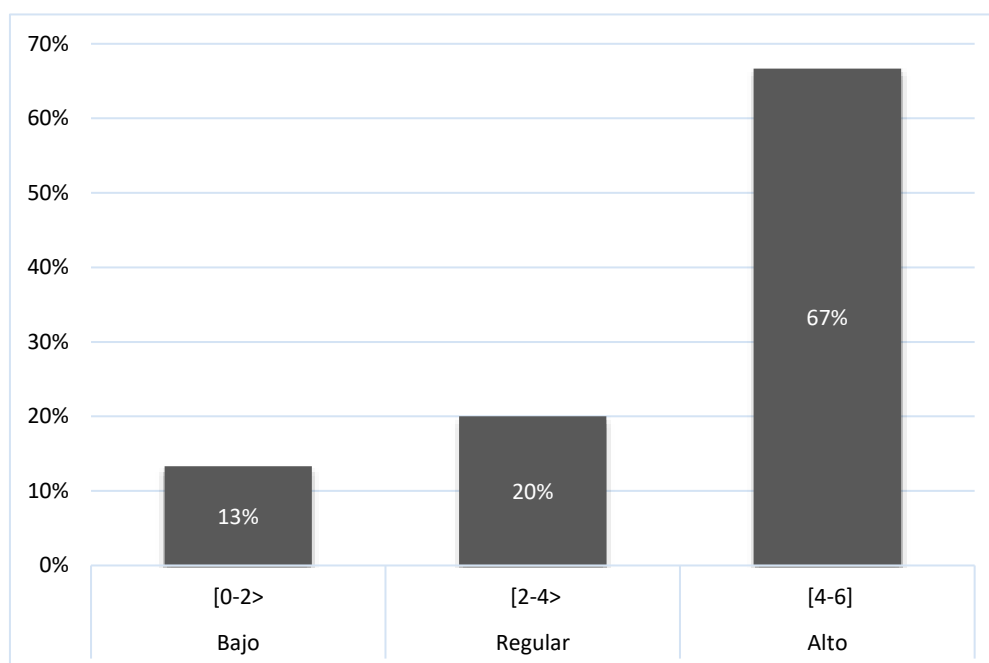
Disminución de la contaminación en la biota en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

CATEGORIAS	RANGOS	f(i)	h(i) %
Bajo	[0 - 2>	1	7%
Regular	[2 - 4>	2	13%
Alto	[4 - 6]	12	80%
TOTAL		15	100%
\bar{X}		5,47	
S		2,03	

Fuente: Data de resultados de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental.

Gráfico N° 4

Disminución de la contaminación en el ser humano en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.



Cuadro N° 10

Disminución de la contaminación en el ser humano en la Planta de Chancado del Área Beneficio San Nicolás de la Empresa Minera Shougang Hierro Perú S.A.A.

CATEGORIAS	RANGOS	f(i)	h(i) %
Bajo	[0 - 2>	2	13%
Regular	[2 - 4>	3	20%
Alto	[4 - 6]	10	67%
TOTAL		15	100%
	\bar{X}	5,32	
	S	2,10	

Fuente: Data de resultados de la aplicación del cuestionario sobre la disminución de la polución ambiental.